



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА  
(РОСАВИАЦИЯ)  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ ИМЕНИ  
ГЛАВНОГО МАРШАЛА АВИАЦИИ А.А.НОВИКОВА»**

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по научной и инновационной  
работе

  
/ Г.А. Костин

«      »                      2023 года

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ  
В ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ**

*Наименование научной специальности*

5.2.3. Региональная и отраслевая экономика

*Уровень высшего образования*

Подготовка кадров высшей квалификации

*Форма обучения*

Очная

Санкт-Петербург  
2023

## **1 Цель и задачи освоения дисциплины**

Целью освоения дисциплины «Математическое моделирование в экономических системах» является формирование у обучающихся общепрофессиональных и профессиональных компетенций, обеспечивающих способность и готовность к выполнению научно-исследовательской деятельности с применением методов математического моделирования. Задачами освоения дисциплины являются получение знаний о способах построения и тестирования математических моделей и развитие навыков применения методов математического моделирования для проведения научно-исследовательской деятельности в профессиональной области экономики.

**2 Место дисциплины в структуре программ аспирантуры** Дисциплина «Математическое моделирование в экономических системах» представляет собой дисциплину, относящуюся к вариативной части ФТД. Факультативы. Базируется на результатах обучения, полученных при изучении дисциплины «Региональная и отраслевая экономика».

Дисциплина изучается в 3 семестре.

## **3 Планируемые результаты изучения дисциплины**

Знать:

- способы постановки задачи и построения математических моделей в экономических исследованиях;
- возможные направления научно-исследовательской работы с применением методов математического моделирования;
- структуру и порядок проведения научного исследования в области отраслевой экономической науки с применением методов математического моделирования.

Уметь:

- прогнозировать и анализировать результаты применения методов математического моделирования;
- планировать применение методов математического моделирования.

Владеть:

- навыками применения методов математического моделирования в области экономики;
- способами проведения научно-исследовательской работы и получению научных результатов с применением методов математического моделирования.

#### 4 Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 академических часов.

Наименование	Всего часов	Семестр 3
Общая трудоемкость дисциплины	108	108
<i>Образовательный компонент</i>	72	72
Контактная работа, всего <i>в том числе:</i>	24	24
Лекции	12	12
практические занятия	12	12
Самостоятельная работа обучающегося	48	48
<i>Промежуточная аттестация</i>	36	36
Контроль	9	9
самостоятельная работа по подготовке к промежуточной аттестации	27	27

Образовательный компонент дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 академических часа.

Наименование	Всего часов	Семестр
		4
Образовательный компонент дисциплины	72	72
Контактная работа:	24	24
лекции	12	12
практические занятия	12	12
Самостоятельная работа обучающегося	48	48

Промежуточная аттестация составляет 1 зачетную единицу, 36 академических часов.

Наименование	Всего часов	Семестр
		4
Общая трудоемкость промежуточной аттестации	36	36
Контрольная работа	0.3	0.3
Самостоятельная работа по подготовке к промежуточной аттестации	27	27
Контроль	8.7	8.7

## 5 Содержание дисциплины

### 5.1 Темы дисциплины и виды занятий

Темы дисциплины	Количество часов	Образовательные Технологии	Оценочные Средства
Тема 1. Основные принципы математического моделирования и применение цифровых технологий	10	Л, ПЗ, СР	УО, К
Тема 2. Модели динамических систем	12	Л, ПЗ, СР	УО, эссе / доклад
Тема 3. Моделирование стохастических систем	12	Л, ПЗ, СР	УО, К
Тема 4. Задачи оптимизации и оптимального управления	12	Л, ПЗ, СР	УО, эссе / доклад
Тема 5. Имитационное моделирование	12	Л, ПЗ, СР	УО, К
Тема 6. Прикладная статистика и эконометрика	14	Л, ПЗ, СР	УО, эссе / доклад
Промежуточная аттестация	36	-	Зачет
Итого по дисциплине	108	-	-

Сокращения: Л – лекция, ПЗ – практическое занятие, СР – самостоятельная работа обучающегося, УО – устный опрос, К- коллоквиум

Наименование темы (раздела) дисциплины (модуля)	Л	ПЗ	СРС	Всего часов
Тема 1. Основные принципы математического моделирования и применение цифровых технологий	2	2	6	10
Тема 2. Модели динамических систем	2	2	8	12
Тема 3. Моделирование стохастических систем	2	2	8	12
Тема 4. Задачи оптимизации и оптимального управления	2	2	8	12

Наименование темы (раздела) дисциплины (модуля)	Л	ПЗ	СРС	Всего часов
Тема 5. Имитационное моделирование	2	2	8	12
Тема 6. Прикладная статистика и эконометрика	2	2	10	14
Промежуточная аттестация – зачет				36
Итого по дисциплине	12	12	48	108

## 5.2 Содержание дисциплины

### **Тема 1. Основные принципы математического моделирования и применение цифровых технологий**

Классификация математических моделей. Свойства математических моделей. Универсальность математических моделей. Этапы моделирования. Основные пакеты прикладных математических программ. Методы исследования математических моделей. Проверка адекватности моделей. Математические модели в физике, социологии, экономике и применение цифровых технологий.

### **Тема 2. Модели динамических систем**

Дифференциальное и интегральное исчисления. Матричные модели. Асимптотические свойства решений в матричных моделях. Предел скользящего среднего в матричных моделях.

Теория динамических систем. Элементы теории бифуркаций. Локальный анализ и грубость динамических систем. Качественный анализ системы двух обыкновенных дифференциальных уравнений. Автоколебания. Бифуркация Андронова — Хопфа. Фракталы. Динамический хаос. Нелинейные волны. Автоволновые процессы.

### **Тема 3. Моделирование стохастических систем**

Элементы теории вероятностей и математической статистики. Стохастические модели. Проверка гипотез. Регрессионный и корреляционный анализ. Дисперсионный анализ. Моделирование случайных процессов. Базовые принципы теории надежности и теории массового обслуживания. Понятие марковского процесса (марковская цепь). Метод статистических испытаний. Общий алгоритм моделирования дискретной случайной величины. Метод Монте-Карло.

### **Тема 4. Задачи оптимизации и оптимального управления**

Задачи линейной оптимизации. Постановка задачи, свойства. Примеры. Задача выпуклой оптимизации. Подход Лагранжа. Теорема Куна-Таккера. Многокритериальная оптимизация. Элементы теории игр. Методы оптимального управления. Принцип оптимальности Кротова, принцип максимума Понтрягина. Задачи оптимального управления в приложениях.

### **Тема 5. Имитационное моделирование**

Область и условия применения имитационных моделей. Этапы построения имитационной модели. Критерии оценки адекватности модели. Имитационные

эксперименты. Проблемы, связанные с практическим использованием имитационных моделей. Примеры имитационных моделей.

### **Тема 6. Прикладная статистика и эконометрика**

Эконометрическая модель, описываемая системой одновременных уравнений. Точечный и интервальный прогноз значений эндогенных переменных, сценарные расчеты. Методы снижения размерности исследуемого признакового пространства и отбора наиболее информативных показателей. Статистические задачи типологизации социально-экономических объектов.

### **5.3 Практические занятия**

Номер темы дисциплины	Тематика практических занятий	Трудо-емкость (часы)
Семестр 1		
1	Практическое занятие 1. Аппарат математического моделирования	2
2	Практическое занятие 2. Матричные модели.	2
3	Практическое занятие 3. Моделирование систем массового обслуживания	2
4	Практическое занятие 4. Задачи теории игр	2
5	Практическое занятие 5. Имитационные эксперименты.	2
6	Практическое занятие 6. Статистические задачи типологизации социально-экономических объектов.	2
Итого по дисциплине		12

### **5.4 Самостоятельная работа**

Номер темы дисциплины	Виды самостоятельной работы	Трудо-емкость (часы)
1	Изучение, повторение учебного материала по конспектам, учебной, методической и научной литературе, подготовка к коллоквиуму [1, 2, 13, 14, 15]	6
2	Изучение, повторение учебного материала по конспектам, учебной, методической и научной литературе, подготовка эссе (доклада) [1, 5, 8]	8
3	Изучение, повторение учебного материала по конспектам, учебной, методической и научной литературе, подготовка к коллоквиуму [1, 2, 14]	8
4	Изучение, повторение учебного материала по кон-	8

Номер темы дисциплины	Виды самостоятельной работы	Трудо-емкость (часы)
	спектам, учебной, методической и научной литературе, подготовка эссе (доклада) [1, 7, 11, 12, 14]	
5	Изучение, повторение учебного материала по конспектам, учебной, методической и научной литературе, подготовка к коллоквиуму [1, 6, 9, 10]	8
6	Изучение, повторение учебного материала по конспектам, учебной, методической и научной литературе, подготовка эссе (доклада) [1, 3, 4, 14-16]	10
Итого по дисциплине		48

## 6 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 6.1. основная литература:

1. Рейзлин, В. И. **Математическое моделирование** [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов / В. И. Рейзлин. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 126 с. — Режим доступа: <http://www.biblio-online.ru/bcode/451402>. (дата обращения: 15.01.2021).

2. Михайлов, Г. А. **Статистическое моделирование. Методы Монте-Карло** [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов / Г. А. Михайлов, А. В. Войтишек. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 323 с. — Режим доступа: <http://www.biblio-online.ru/bcode/455317>. (дата обращения: 15.01.2021).

3. Косников, С. Н. **Математические методы в экономике** [Электронный ресурс] : учеб. пособие для вузов / С. Н. Косников. — М. : Издательство Юрайт, 2018. — 172 с. — Режим доступа: [www.biblio-online.ru/book/1B187A01-F810-44ED-BC1A-348FD5473C2D](http://www.biblio-online.ru/book/1B187A01-F810-44ED-BC1A-348FD5473C2D). (дата обращения: 15.01.2021).

4. Королев, А. В. **Экономико-математические методы и моделирование** [Электронный ресурс]: учебник и практикум для вузов / А. В. Королев. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 280 с. — Режим доступа: <http://www.biblio-online.ru/bcode/470088>. (дата обращения: 15.01.2021).

5. Секованов, В.С. **Элементы теории дискретных динамических систем** [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.С. Секованов. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 180 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/103912>. (дата обращения: 15.01.2021).

6. Решмин, Б.И. **Имитационное моделирование и системы управления** [Электронный ресурс] : учебное пособие / Б.И. Решмин. — Вологда : "Инфра-Инженерия", 2016. — 74 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/80296>. (дата обращения: 15.01.2021).

7. Болотский, А. В. **Исследование операций и методы оптимизации** [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. В. Болотский, О. А. Кочеткова. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 116 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/136175> (дата обращения: 15.01.2021).

6.2. дополнительная литература:

8. Юмагулов, М.Г. **Введение в теорию динамических систем** [Электронный ресурс] : учебное пособие / М.Г. Юмагулов. — Санкт-Петербург : Лань, 2015. — 272 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/56177>. (дата обращения: 15.01.2021).

9. Строгалева, В.П. **Имитационное моделирование** [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.П. Строгалева, И.О. Толкачева. — Москва : МГТУ им. Баумана, 2018. — 295 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/106283>. (дата обращения: 15.01.2021).

10. Салмина, Н.Ю. **Имитационное моделирование** [Электронный ресурс] : учебное пособие / Н.Ю. Салмина. — Москва : ТУСУР, 2015. — 118 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/110330>. (дата обращения: 15.01.2021).

11. Пантелеев, А.В. **Методы оптимизации в примерах и задачах** [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.В. Пантелеев, Т.А. Летова. — Санкт-Петербург : Лань, 2015. — 512 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/67460>. (дата обращения: 15.01.2021).

12. Шалыгин, А.С. **Параметрические методы оптимизации в динамике полёта беспилотных летательных аппаратов** [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.С. Шалыгин, И.Л. Петрова, В.А. Санников. — Санкт-Петербург : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2010. — 126 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/64107>. (дата обращения: 15.01.2021).

13. Бордовский, Г. А. **Физические основы математического моделирования** [Электронный ресурс] : учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры / Г. А. Бордовский, А. С. Кондратьев, А. Чоудери. — М. : Издательство Юрайт, 2018. — 319 с. — Режим доступа : [www.biblio-online.ru/book/1C52F887-0D12-4B68-8428-35FD75180606](http://www.biblio-online.ru/book/1C52F887-0D12-4B68-8428-35FD75180606). (дата обращения: 15.01.2021).

14. Воронов, М. В. **Прикладная математика: технологии применения** [Электронный ресурс] : учеб. пособие для вузов / М. В. Воронов, В. И. Пименов, Е. Г. Суздалов. М. : Издательство Юрайт, 2018. — 381 с. — Режим доступа : [www.biblio-online.ru/book/28DD113E-1D18-4417-84CF-722E6D1C8EFC](http://www.biblio-online.ru/book/28DD113E-1D18-4417-84CF-722E6D1C8EFC). (дата обращения: 15.01.2021).

15. Голубева, Н.В. **Математическое моделирование систем и процессов** [Электронный ресурс] : учебное пособие / Н.В. Голубева. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 192 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/76825>. (дата обращения: 15.01.2021).

16. Гармаш, А. Н. **Экономико-математические методы и прикладные модели** [Электронный ресурс] : учебник для бакалавриата и магистратуры / А. Н. Гармаш, И. В. Орлова, В. В. Федосеев. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 328 с. — Режим доступа : [www.biblio-online.ru/book/62CA472C-1C3E-48F7-B963-6762D5A89A50](http://www.biblio-online.ru/book/62CA472C-1C3E-48F7-B963-6762D5A89A50). (дата обращения: 15.01.2021).

в) перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

17. **Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ»** [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.intuit.ru/>

18. **Единое окно доступа к образовательным ресурсам** [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://window.edu.ru>

6.3. программное обеспечение (лицензионное), базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:

19. **Учебно-образовательная физико-математическая библиотека** [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library.htm> свободный (дата обращения: 15.01.2021).

20. **Российская национальная библиотека** [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.nlr.ru/> свободный (дата обращения: 15.01.2021).

21. **Библиотека учебной и научной литературы** [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.sbiblio.com> свободный (дата обращения: 15.01.2021).

22. **Электронная библиотека научных публикаций «eLIBRARY.RU»** [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://elibrary.ru/> свободный (дата обращения: 15.01.2021).

23. **Электронно-библиотечная система издательства «Лань»** [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://e.lanbook.com> свободный (дата обращения: 15.01.2021).

24. **Электронная библиотека механико-математического факультета МГУ** [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://lib.mexmat.ru/> свободный (дата обращения: 15.01.2021).

25. **Электронная библиотека «ЮРАЙТ»** [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: <https://biblio-online.ru>

26. **Официальный сервис публикации научных статей в базе данных WoS(ESCI)** [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: <https://apps.webofknowledge.com/> свободный (дата обращения: 15.01.2021).

27. **Официальный сервис публикации научных статей в базе данных Scopus** [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: <https://www.scopus.com> свободный (дата обращения: 15.01.2021).

## 7 Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Наименование специальных* помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
Ауд. 800 «Компьютерный класс № 1»	Компьютерные столы - 12 шт., стулья - 12 шт., 12 персональных компьютеров, с доступом в сеть Интернет, учебная доска, экран для проектора.	VisualStudioCommunity (бесплатное лицензионное соглашение) Kaspersky Anti-Virus Suite (лицензия № 1D0A170720092603110550) Notepad++ (GPL v2) Microsoft Windows Office Professional Plus 2007 (лицензия № 43471843)

Ауд. 801 «Компьютерный класс № 2»	Компьютерные столы - 16 шт., круглый стол – 2 шт., стулья - 28 шт., 28 персональных компьютеров, с доступом в сеть Интернет, учебная доска, экран для проектора.	VisualStudioCommunity (бесплатное лицензионное соглашение) Kaspersky Anti-Virus Suite (лицензия № 1D0A170720092603110550) Scilab (CeCILL) Microsoft Windows Office Professional Plus 2007 (лицензия № 43471843)
Ауд. 803 «Компьютерный класс № 3»	Компьютерные столы - 11 шт., стулья - 11 шт., 11 персональных компьютеров, с доступом в сеть Интернет, учебная доска.	Kaspersky Anti-Virus Suite (лицензия № 1D0A170720092603110550) Microsoft Windows Office Professional Plus 2007 (лицензия № 43471843) Scilab (CeCILL) Visual Studio Community (Бесплатное лицензионное соглашение)
Ауд. 804 «Компьютерный класс № 4»	Компьютерные столы - 10 шт., стулья - 10 шт., 10 персональных компьютеров, с доступом в сеть Интернет, учебная доска.	KasperskyAnti-VirusSuite (лицензия № 1D0A170720092603110550) Scilab (CeCILL) Microsoft Windows Office Professional Plus 2007 (лицензия № 43471843) VisualStudioCommunity (Бесплатное лицензионное соглашение)

Практические задания в электронном и печатном виде, а также сопутствующие материалы, необходимые для выполнения работы.

Для организации самостоятельной работы обучающимися также используются: библиотечный фонд Университета; читальный зал библиотеки, с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду Университета.

## 8 Образовательные и информационные технологии

В структуре дисциплины в рамках реализации компетентностного подхода в учебном процессе используются следующие образовательные технологии: лекции (Л), практические занятия (ПЗ), самостоятельная работа обучающегося (СРС).

**Лекция:** предназначена для предоставления информации обучающимся по теоретическим вопросам, является главным звеном дидактического цикла обучения. Её цель – формирование ориентировочной основы для последующего усвоения материала методом самостоятельной работы.

**Практические занятия:** проводятся в целях: выработки практических умений и приобретения навыков обучающегося, в рамках дисциплины. Цель практических занятий – закрепить отдельные аспекты проблемы в дополнение к лекционному материалу, обучить грамотно и аргументировано излагать свои мысли. На практических занятиях проводятся опросы, коллоквиумы. На практических занятиях заслушиваются эссе (доклады) обучающихся по выбранным ранее темам. Коллоквиум, позволяет вовлечь обучающихся в процесс обсуждения спорного вопроса (проблемы). Формируется умение аргументировать собственную точку зрения. Также является средством контроля усвоения учебного

материала темы, раздела или разделов дисциплины, организованное как учебное занятие в виде собеседования преподавателя с обучающимися.

**Самостоятельная работа:** имеет целью закрепление и углубление полученных знаний, поиск и приобретение новых знаний, а также выполнение заданий, подготовку к предстоящему зачету. Она предусматривает, как правило, самостоятельное изучение отдельных тем, выполнение заданий в соответствии с учебной программой изучения дисциплины. Основной целью самостоятельной работы является обучение навыкам работы с научно-теоретической литературой и практическими материалами, которые необходимы для углубленного изучения дисциплины. Самостоятельная работа проводится для того, чтобы обучающийся умел самостоятельно изучать, анализировать, перерабатывать и излагать изученный материал.

## **9 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины**

### **9.1 Содержание фонда оценочных средств**

**Устный опрос:** предназначен для выявления уровня текущего усвоения компетенций обучающимся по мере изучения дисциплины. Проводится на практических занятиях в течение 15 минут с целью контроля усвоения теоретического материала, излагаемого на лекции. Перечень вопросов определяется уровнем подготовки учебной группы, а также индивидуальными особенностями обучающихся.

**Контроль выполнения задания (коллоквиум, эссе/доклад)** предназначен для оценки уровня сформированности навыков и умений, коррекции действий обучающегося при выполнении задания.

**Зачет:** промежуточный контроль, оценивающий уровень освоения компетенций за весь период изучения дисциплины. Включает 2 теоретических вопроса в виде устного ответа и решение 1 практического задания.

### **9.1 Методические рекомендации по проведению процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

Текущий контроль успеваемости обучающихся по дисциплине проводится в форме контрольных мероприятий: эссе (доклада), устного опроса. На первом занятии преподаватель доводит до сведения обучающихся график текущего контроля освоения дисциплины и критерии оценки знаний при текущем контроле успеваемости, а также сроки и условия промежуточной и итоговой аттестации.

Активность обучающегося на занятиях оценивается на основе выполненных заданий, предусмотренных рабочей программой дисциплины (эссе/доклад) и устного опроса. Обучающемуся, пропустившему практические

занятия, необходимо выполнить задания самостоятельно и защитить их выполнение перед преподавателем практических занятий.

*Устный опрос* позволяет оценить знания и кругозор обучающегося, умение логически построить ответ, владение монологической речью и иные коммуникативные навыки. Опрос - важнейшее средство развития мышления и речи. Он обладает большими возможностями воспитательного воздействия преподавателя. Обучающая функция состоит в выявлении деталей, которые по каким-то причинам оказались недостаточно осмысленными в ходе учебных занятий.

Устный опрос проводится, как правило, в течение 15 минут. Перечень вопросов определяется уровнем подготовки учебной группы, а также индивидуальными особенностями обучающихся.

Ответы обучающихся при устном опросе оцениваются преподавателем с записью в журнале учета успеваемости. При оценке опросов анализу подлежит точность формулировок, связность изложения материала, обоснованность суждений, опора на учебную литературу. Также анализируется понимание обучающимся конкретной ситуации, правильность применения практических методов и приемов, способность обоснования выбранной точки зрения, глубина проработки практического материала

*Эссе (доклад)* - продукт самостоятельной работы обучающегося, являющийся собой публичное выступление по представлению полученных результатов решения определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной темы. Эссе (доклад) должен быть выполнен в машинописном варианте в соответствии с требованиями: рекомендуемый объем работы – 3-10 печатных листов. Способ оформления: 12 кегль, *Times New Roman*, интервал одинарный.

В течение семестра обучающимся выполняется одно эссе (доклад) по выбранной в начале семестра теме. Выступление осуществляется на практическом занятии в соответствии с графиком, который определен преподавателем и соответствует тематике занятия. На выступление отводится не более 10 минут, 10 минут на вопросы и обсуждения. Предварительно выполненная обучающимся работа сдается на проверку преподавателю, который, в случае необходимости, делает замечания, подлежащие к исправлению. Обучающийся должен внести исправления в соответствии с замечаниями преподавателя и передать работу на повторную проверку. При отправке работы на повторную проверку обязательно представлять работу с указанными в первый раз замечаниями. Эссе (доклады), представленные без соблюдения указанных правил, на проверку не принимаются.

*Коллоквиум* позволяет вовлечь обучающихся в процесс обсуждения спорного вопроса (проблемы). Формируется умение аргументировать собственную точку зрения. Также является средством контроля усвоения учебного материала темы, раздела или разделов дисциплины, организованное как учебное занятие в виде собеседования преподавателя с обучающимися. Вопросы к коллоквиуму выдаются на лекционном занятии соответствующей темы, либо на последнем практическом занятии. Ответы обучающихся при проведении коллоквиума

оцениваются преподавателем с записью в журнале учета успеваемости. При оценке участия анализу связность изложения материала, обоснованность суждений, опора на учебную литературу. Также анализируется понимание обучающимся конкретной ситуации, правильность применения практических методов и приемов, способность обоснования выбранной точки зрения, глубина проработки практического материала.

Реализацию непрерывного контроля знаний, преподаватель осуществляет за счет часов, предусмотренных нормами времени на проверку различного рода письменных работ, проведение консультаций и пр.

Показателями, характеризующими текущую учебную работу обучающихся, являются: активность посещения занятий и работы на занятиях; подготовка и выступление по заданной теме

Сроки промежуточной аттестации определяются графиком учебного процесса

## 9.2 Шкала оценивания при проведении промежуточной аттестации

Описание шкалы оценивания
<p>«зачтено»</p> <p>– обучающийся самостоятельно излагает теоретический материал (допустимы неточности, которые исправляются при ответах на уточняющие вопросы), приводит конкретные примеры, использует научную терминологию, отвечает на большую часть дополнительных вопросов.</p>
<p>«не зачтено»</p> <p>– обучающийся испытывает серьезные затруднения при изложении теоретического материала, не может ответить на дополнительные вопросы, не может привести примеры, допускает серьезные терминологические неточности, демонстрирует непонимание проблемной ситуации и не видит путей её решения.</p>

В течение семестра обучающиеся выполняют задания определенного рода (практические занятия), среди которых эссе/доклад и участие в коллоквиуме, а также используется оценочное средство в виде устного опроса. Для оценки этих видов работ используется зачетная система.

По промежуточному контролю по дисциплине «Математическое моделирование в экономических системах» предусмотрен зачет, который позволяет оценить степень сформированности компетенций на этапе текущего семестра. Зачет проводится в форме устного ответа на два вопроса и решения 1 практического задания.

## 9.3 Задания на самостоятельную работу к практическим занятиям

### 9.3.1 Примерный перечень контрольных вопросов для проведения устного опроса

Тема 1. Основные принципы математического моделирования и применение цифровых технологий.

1. Классификация математических моделей.
2. Свойства математических моделей.
3. Виды пакетов прикладных математических программ.
4. Методы исследования математических моделей.

Тема 2. Модели динамических систем.

1. Описание дифференциальной модели.
2. Принципы интегрального исчисления.
3. Описание матричной модели.
4. Состояние динамической системы.
5. Способы задания динамических систем.
6. Эволюция динамической системы.

Тема 3. Моделирование стохастических систем

1. Основные понятия теории вероятностей.
2. Основные понятия математической статистики.
3. Точечные и интервальные оценки.
4. Понятие марковского процесса.
5. Метод статистических испытаний.
6. Метод Монте-Карло.

Тема 4. Задачи оптимизации и оптимального управления.

1. Постановка задачи линейной оптимизации.
2. Теорема Куна-Таккера.
3. Антагонистические игры.
4. Принцип оптимальности Кротова.
5. Принцип максимума Понтрягина.

Тема 5. Имитационное моделирование.

1. Условия применения имитационной модели.
2. Этапы построения имитационной модели.
3. Примеры имитационных моделей.

Тема 6. Прикладная статистика и эконометрика

1. Эконометрическая модель.
2. Прогноз значений эндогенных переменных.
3. Методы снижения размерности исследуемого признакового пространства.

### **Примерный перечень контрольных вопросов для проведения коллоквиума**

Тема 1. Основные принципы математического моделирования.

1. Понятие математической модели.
2. Этапы моделирования.
3. Математические модели в физике, социологии, экономике.

Тема 3. Моделирование стохастических систем.

1. Стохастические модели.
2. Алгоритм моделирования дискретной случайной величины.
3. Моделирование систем массового обслуживания.

Тема 5. Имитационное моделирование

1. Область и условия применения имитационных моделей.
2. Имитационные эксперименты.
3. Примеры имитационных моделей.

### **9.3.2 Примерный перечень тем для эссе (докладов)**

1. Теория неотрицательных матриц.
2. Бифуркация Андронова — Хопфа.
3. Фракталы Рози.
4. Теория игр. Равновесие Нэша.
5. Принцип максимума Понтрягина.
6. Методы снижения размерности исследуемого признакового пространства и отбора наиболее информативных показателей.
7. Статистические задачи типологизации социально-экономических объектов.

### **9.3.3 Контрольные вопросы промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины**

#### **Примерный перечень вопросов к зачету по дисциплине**

1. Классификация математических моделей.
2. Свойства математических моделей.
3. Этапы моделирования.
4. Методы исследования математических моделей.
5. Проверка адекватности моделей.
6. Применение дифференциального и интегрального исчисления в моделировании.
7. Применение теории вероятностей и математической статистики в моделировании.
8. Базовые принципы теории надежности
9. Базовые принципы теории массового обслуживания.
10. Критерии продуктивности неотрицательных матриц.
11. Теорема Перрона-Фробениуса.
12. Локальный анализ и грубость динамических систем.
13. Автоколебания.
14. Бифуркация Андронова — Хопфа.
15. Фракталы.
16. Стационарные диссипативные структуры.
17. Точечные и интервальные оценки стохастических систем.
18. Регрессионный и корреляционный анализ.

19. Дисперсионный анализ.
20. Марковский процесс (марковская цепь).
21. Метод статистических испытаний.
22. Моделирование систем массового обслуживания (СМО).
23. Задачи линейной и выпуклой оптимизации.
24. Элементы теории игр.
25. Принцип оптимальности Кротова.
26. Принцип максимума Понтрягина.
27. Область, условия применения и этапы построения имитационной модели.
28. Критерии оценки адекватности модели.
29. Примеры имитационных моделей. Проблемы, связанные с практическим использованием имитационных моделей.
30. Эконометрическая модель, описываемая системой одновременных уравнений.
31. Точечный и интервальный прогноз значений эндогенных переменных.

## **10 Методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины**

Изучение дисциплины «Математическое моделирование в экономических системах» обучающимися организуется в виде лекций, практических занятий и самостоятельной работы. Продолжительность изучения дисциплины – один семестр. Уровень и качество знаний обучающихся оцениваются по результатам текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины в виде зачета .

Лекция – основная форма систематического, последовательного устного изложения учебного материала. Чтение лекций, как правило, осуществляется наиболее профессионально подготовленными преподавателями университета. Основными задачами лекций являются: ознакомление обучающихся с целями, задачами и структурой изучаемой дисциплины, ее местом в системе наук и связями с другими дисциплинами; краткое, но по существу, изложение комплекса основных научных понятий, подходов, методов, принципов данной дисциплины; краткое изложение наиболее существенных положений, раскрытие особенно сложных, актуальных вопросов, освещение дискуссионных проблем; определение перспективных направлений дальнейшего развития научного знания.

Значимым фактором полноценной и плодотворной работы обучающегося на лекции является культура ведения конспекта. Слушая лекцию, необходимо научиться выделять и фиксировать ее ключевые моменты, записывая их более четко и выделяя каким-либо способом из общего текста. Кроме того, необходимо научиться делать понятные для обучающегося сокращения при записи текста лекции и, в целом, стремиться освоить быструю манеру письма. Конспект лекции предпочтительно писать в одной тетради, а не на отдельных лист-

ках, которые потом могут затеряться. Также для записи текста лекции можно воспользоваться ноутбуком, или планшетом. При ведении конспекта лекции необходимо четко фиксировать рубрикацию материала – разграничение разделов, тем, вопросов, параграфов и т. п. Обязательно следует делать специальные пометки, например, в случаях, когда какое-либо определение, положение, вывод остались неясными, сомнительными. Бывает, что материал не успели записать. Тогда также необходимо сделать соответствующие пометки в тексте, чтобы не забыть, в дальнейшем, восполнить эту информацию.

Практические занятия по дисциплине проводятся в соответствии с учебно-тематическим планом. Цель практических занятий – закрепить теоретические знания, полученные обучающимися на лекциях и в результате самостоятельного изучения соответствующих разделов рекомендуемой литературы, а также приобрести начальные практические навыки применения методов математического моделирования. В рамках практического занятия обучающиеся отвечают на вопросы устного опроса, заслушивают доклады, используя технику активного слушания, обсуждают вопросы, выносимые преподавателем на занятия.

Отсутствие обучающихся на занятиях или их неактивное участие на них может быть компенсировано самостоятельным выполнением дополнительных заданий и представлением их на проверку преподавателю.

В процессе самостоятельной работы обучающийся должен воспринимать, осмысливать и углублять получаемую информацию, подготавливать доклады, выполнять домашние задания, овладевать профессионально необходимыми навыками. Самостоятельная работа включает следующие виды занятий:

- самостоятельный подбор, изучение, конспектирование, анализ учебно-методической и научной литературы, периодических научных изданий, нормативно-правовых документов, статистической информации, учетно-отчетной информации, содержащейся в документах организаций;

- индивидуальная творческая работа по осмыслению собранной информации, проведению сравнительного анализа и синтеза материалов, полученных из разных источников, интерпретации информации, выполнение домашних заданий;

- завершающий этап самостоятельной работы – подготовка к сдаче зачета по дисциплине, предполагающая интеграцию и систематизацию всех полученных при изучении учебной дисциплины знаний.

*Требования к написанию эссе.*

Цель работы – раскрыть предложенную тему путем приведения каких-либо аргументов. Эссе не может содержать много идей. Оно отражает только один вариант размышлений и развивает его. При написании эссе старайтесь отвечать четко на поставленный вопрос и не отклоняйтесь от темы. Эссе строго индивидуальная работа и не терпит соавторства. Эссе (франц. *essai* – опыт, набросок), жанр философской, литературно-критической, историко-биографической, публицистической прозы, сочетающий подчеркнуто индивидуальную позицию автора с непринужденным, часто парадоксальным изложением, ориентированным на разговорную речь (основатель жанра – Мишель

Монтень; в русской литературе образцы у Ф.М. Достоевского, В.В. Розанова, В.И. Иванова).

Подготовка к написанию эссе. При выборе вопроса по какой-либо тематике, прежде чем составлять план вашего ответа, убедитесь в том, что вы внимательно прочитали и правильно поняли его, поскольку он может быть интерпретирован по-разному, а чтобы его осветить существует несколько подходов: следовательно, вам необходимо будет выбрать вариант подхода, которому вы будете следовать, а также иметь возможность обосновать ваш выбор. При этом содержание вопроса может охватывать широкий спектр проблем, требующих привлечения большого объема литературы. В этом случае следует освещать только определенные аспекты этого вопроса. У вас не возникнет никаких проблем, если вы не будете выходить за рамки очерченного круга, а ваш выбор будет вполне обоснован и вы сможете подкрепить его соответствующими доказательствами.

Структура эссе: вступление, основная часть (развитие темы), заключение.

Вступление. Суть и обоснование выбранной темы. Должно включать краткое изложение вашего понимания и подход к ответу на данный вопрос. Полезно осветить то, что вы предполагаете сделать в работе, и то, что в вашей эссе не войдет, а также дать краткие определения ключевых терминов. При этом постарайтесь свести к минимуму число определений.

Основная часть. Данная часть предполагает развитие вашей аргументации и анализа, а также обоснование их, исходя из имеющихся данных, других аргументов и позиций по этому вопросу. Предлагаемая вами аргументация (или анализ) должна быть структурирована. В основной части вы должны логически обосновать, используя данные или строгие рассуждения, вашу аргументацию или анализ. Не ссылайтесь на работы, которые не читали сами.

Заключение. Наличие необходимых выводов из работы. Обоснование выводов автора. Указание на дальнейшие направления развития темы.

Следование принципам систематичности и последовательности в самостоятельной работе составляет необходимое условие ее успешного выполнения. Систематичность занятий предполагает равномерное, по возможности в соответствии с пп.5.2, 5.4 и 5.6 настоящей РПД, распределение объема работы в течение всего предусмотренного учебным планом срока овладения данной дисциплиной. Такой подход позволяет избежать дефицита времени, перегрузок, спешки и т.п. в завершающий период изучения дисциплины. Последовательность работы означает преемственность и логику в овладении знаниями по дисциплине. Данный принцип изначально заложен в учебном плане при определении очередности изучения дисциплин. Аналогичный подход применяется при определении последовательности в изучении тем дисциплины.

В процессе изучения дисциплины «Математическое моделирование в экономических системах» важно постоянно пополнять и расширять свои знания. Изучение рекомендованной литературы и других источников информации является важной составной частью восприятия и усвоения новых знаний.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями Федеральных государственных требований к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре, утвержденными приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 951 от 20.10.2021, программами аспирантуры по научным специальностям, разработанным и утвержденным Университетом.

Разработчики:

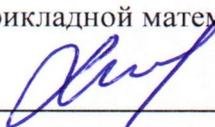
к.т.н., доцент, Московкин Д.Л.



*(ученая степень, ученое звание, фамилия и инициалы, подпись разработчика)*

Заведующий кафедрой № 8 Прикладной математики и информатики

к.т.н., Земсков Ю.В.



*(ученая степень, ученое звание, фамилия и инициалы заведующего кафедрой)*

Программа согласована:

Руководитель ОП

д.э.н., профессор



Бородулина С.А.

*(ученая степень, ученое звание, фамилия и инициалы)*

Начальник управления аспирантуры и докторантуры

д.э.н., профессор



Байдукова Н. В.

*(ученая степень, ученое звание, фамилия и инициалы)*

Программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методического совета Университета 21.06.23, протокол № 9.