

**Министерство науки и высшего образования РФ
Филиал федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»
в г. Смоленске**

«УТВЕРЖДАЮ»
Директор филиала ФГБОУ ВО
«НИУ «МЭИ» в г. Смоленске
д.т.н. проф. Федулов А.С.
«17» сентября 2026 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
специальной дисциплины**

**Специальность 5.2.2. Математические, статистические и
инструментальные методы в экономике**

Смоленск 2026

Программа составлена на основе паспорта специальности научных работников и программы – минимум кандидатского экзамена по специальности «Математические, статистические и инструментальные методы в экономике» в действующей редакции и в соответствии с Положением о подготовке научных и научно- педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 30 ноября 2021г. № 2122.

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью изучения дисциплины является формирование углубленных знаний в области теоретических и практических подходов к разработке и применению математических, статистических и инструментальных методов в экономике.

Задачами дисциплины являются

- получить представление о современных достижениях в области применения математических, статистических, эконометрических и инструментальных методов в экономических исследованиях;
- ознакомиться с математическими моделями сложных экономических систем и результаты их применения для выработки управленческих решений;
- проанализировать математические модели для оптимизации и прогнозирования экономических процессов,
- рассмотреть математические методы для анализа и оптимизации процессов принятия решений в экономических системах;
- освоить инструментарий проектирования, разработки и сопровождения информационных систем в интересах субъектов экономической деятельности;
- изучить методы и инструменты для анализа «больших данных» и поддержки принятия решений в экономических системах.

МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ПРОГРАММЫ АСПИРАНТУРЫ

Специальная дисциплина в структуре программы аспирантуры входит в Блок 2 «Образовательный компонент. Общая трудоемкость составляет 7 зачетных единиц (з.е.).

Формула специальности

Научная специальность «Математические, статистические и инструментальные методы в экономике» объединяет исследования на основе теоретических и методологических положений анализа экономических процессов и систем с помощью экономико-математических методов и инструментальных средств, направленные на повышение обоснованности управленческих решений на всех уровнях экономики, а также совершенствование информационных технологий решения экономических задач и их эффективную экспансию в новые экономические приложения.

В рамках научной специальности объектами исследования являются домашние хозяйства, предприятия всех организационно-правовых форм, объединения и союзы, экономические регионы, национальные и международные экономические системы.

Области исследований

1. Теоретические и методологические аспекты применения математических, статистических, эконометрических и инструментальных методов в экономических исследованиях.

2. Разработка и развитие математических моделей для анализа и прогнозирования экономических процессов, объектов и систем.

3. Разработка и развитие математических моделей для анализа и оптимизации процессов принятия решений в экономических системах.

3. Разработка и развитие оптимизационных моделей в экономике.

4. Компьютерное моделирование экономических процессов и систем.

5. Разработка методов и инструментов анализа «больших данных» в экономических исследованиях.

6. Развитие и применение инструментария проектирования, разработки и сопровождения информационных систем, в том числе для поддержки принятия управленческих решений.

Отрасль науки

Экономические науки

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Моделирование как метод научного познания

Понятия модели и моделирования. Элементы и этапы процесса моделирования. Виды моделирования. Особенности математического моделирования экономических процессов и систем.

Производственно-технологический и социально-экономический уровни экономико-математического моделирования. Особенности экономических наблюдений и измерений. Случайность и неопределенность в экономико-математическом моделировании. Проверка адекватности моделей.

2. Оптимизационные методы решения экономических задач

Классическая постановка задачи оптимизации. Оптимизация функций. Оптимизация функционалов.

Методы сведения многокритериальной задачи к однокритериальной. Метод уступок. Методы определения уровня предпочтений. Способы поиска паретовского множества альтернатив. Седловая точка.

Двойственные задачи оптимизации. Общая идея градиентного спуска (подъема). Пропорциональный градиентный метод. Полношаговый градиентный метод. Метод сопряженных градиентов. Выпуклая оптимизация. Условие выпуклости. Субградиентный метод выпуклой оптимизации. Метод растяже-

ния пространства. Метод эллипсоидов.

Постановка задачи линейного программирования. Методы решения задач. Двойственность в линейном программировании. Задачи целочисленного программирования. Параметрическое линейное задачи нелинейного программирования. Выпуклое программирование.

Постановка задачи нелинейного программирования. Метод неопределенных множителей Лагранжа. Динамическое программирование.

3. Элементы математической статистики

Дискретные случайные величины. Случайные величины и закон их распределения. Числовые характеристики дискретных случайных величин. Система двух случайных величин.

Непрерывные случайные величины. Основные распределения непрерывных случайных величин. Числовые характеристики непрерывных случайных величин.

Многомерные случайные величины и их числовые характеристики. Понятия о случайных процессах.

Выборки и их типы. Статистическое распределение выборки. Эмпирическая функция распределения. Статистические оценки параметров распределения. Эмпирические моменты, асимметрия и эксцесс. Выборочные распределения.

Уровень значимости. Правило Неймана-Пирсона отбора критериев для простых гипотез. Критерии значимости. Доверительная область. Нормальное распределение. Критерий согласия Пирсона.

Основы корреляционного анализа. Параметрический и непараметрический коэффициент корреляции. Функциональная и статистическая корреляция зависимости. Выборочный коэффициент корреляции. Корреляционное отношение как мера корреляционной связи.

Основы регрессионного анализа. Линейная регрессия для системы двух случайных величин. Основные аспекты множественной регрессии. Нелинейная регрессия. Метод наименьших квадратов. Логистическая регрессия.

Эконометрика. Основные понятия эконометрического моделирования. Математико-статистический инструментарий эконометрики. Анализ временных рядов как одна из основных задач эконометрики.

4. Моделирование производственных процессов

Оптимизация выпуска продукции. Двойственность и условия ценообразования. Линейная производственная функция и эффективность использования запасов в производстве. Эквивалентная замена ресурсов.

Нелинейное программирование в моделировании производства. Постановка задачи в общем виде. Условия оптимальности первого и второго порядка. Теорема Куна-Таккера. Классификация задач нелинейного программирования.

Моделирование сферы потребления. Потребительские предпочтения. Кривые безразличия. Предельная норма замещения благ. Функция полезности и её свойства. Бюджетное ограничение. Равновесие потребителя. Реакция потребителя на изменение цен и дохода. Уравнение Слуцкого. Эффекты дохода и замены. Классификация благ. Индивидуальный и рыночный спрос. Эластичность спроса по ценам и доходу потребителя. Построение функции спроса по опытным данным.

Моделирование производственных процессов. Факторы производства. Неоклассическая производственная функция и её свойства. Предельные и средние продукты факторов производства. Эластичность выпуска по факторам производства. Изокванты. Предельные нормы и эластичность замещения факторов производства. Основные виды производственной функции выпуска. Равновесие производителя.

Моделирование производственных издержек. Функция затрат и её свойства. Связь средних и предельных затрат. Эластичность затрат по выпуску. Функция затрат для однородной производственной функции выпуска.

Модели поведения организации в условиях конкуренции. Модель поведения в условиях совершенной конкуренции. Исследование модели в зависимости от показателя степени однородности производственной функции. Модели поведения в условиях несовершенной конкуренции. Монополия и монопосония. Конкуренция среди немногих. Олигополия. Модели дуополии.

5. Моделирование экономического равновесия

Модель общего экономического равновесия Вальраса. Спецификация модели. Составление и решение системы уравнений модели. Функция избыточного спроса. Закон Вальраса. Система равновесных цен. Оптимальность по Парето равновесия Вальраса. Функция общественного благосостояния.

Модель общего экономического равновесия в долгосрочном периоде. Факторы валового национального продукта (ВНП) и его представление при помощи производственной функции макроэкономического анализа.

Распределение ВНП по факторам производства. Функция потребления. Инвестиционная функция. Структурная форма модели общего экономического равновесия в долгосрочном периоде. Равновесие и ставка процента. Односекторная модель экономической динамики Солоу.

Предложение товаров и производственная функция. Функция потребления и тождество национальных счетов. Устойчивый уровень фондовооружённости. Фондовооружённости. Стационарная траектория. Уровень фондовооружённости и «золотое» правило. Устойчивый уровень при росте населения. Устойчивый уровень фондовооружённости при технологическом прогрессе.

Статическая модель межотраслевого баланса. Коэффициенты прямых материальных затрат. Достаточное условие продуктивности матрицы коэффициентов прямых материальных затрат. Структурная форма линейной модели баланса межотраслевых материально-вещественных связей. Приведённая (функциональная) форма статической модели межотраслевого баланса. Мультипли-

катор Леонтьева (матрица коэффициентов полных материальных затрат). Коэффициенты прямых затрат труда. Баланс трудовых ресурсов. Статическая модель межотраслевого баланса, расширенная балансом труда. Коэффициенты полных затрат труда. Коэффициенты фондёмкости отраслей. Баланс основных производственных фондов. Статическая модель межотраслевого баланса, расширенная балансом основных производственных фондов.

Динамическая модель межотраслевого баланса. Открытая и замкнутая динамические модели. Сбалансированная траектория развития экономики в линейной модели с продуктивной матрицей коэффициентов прямых материальных затрат. Магистральные модели экономики. Магистральная модель накопления основных производственных фондов в конце планового периода. Модель фон Неймана расширяющейся экономики.

6. Моделирование процессов на финансовом рынке

Цели моделирования процессов на финансовом рынке. Показатели эффективности финансовых инструментов и способы их количественного описания. Прогноз динамики финансовых индексов. Диверсификация деятельности на финансовом рынке.

Количественный анализ потока платежей. Определение наращенной суммы и современной стоимости аннуитета постнумерандо и пренумерандо. Определение наращенной суммы и современной стоимости r -срочных и m -срочных рент. Определение наращенной суммы и современной стоимости двустороннего потока платежей.

Количественный анализ основных финансовых инструментов. Классификация облигаций по способу выплаты дохода. Оценка облигаций и расчет полной доходности. Характеристики поступления средств от облигации. Средний срок. Дюрация. Модели оценки привилегированных акций. Модели оценки обыкновенных акций.

Модели формирования оптимальной структуры портфеля ценных бумаг. Вероятностные характеристики доходностей бумаг. Вероятностные характеристики портфеля ценных бумаг. Модель Марковица. Зависимость «риск-доходность» для рискованного портфеля. Модель Тобина. Зависимость «риск-доходность» для комбинированного портфеля.

7. Теория систем и системного анализа

Определение системы. Свойства системы. Классификация систем. Модели экономических систем. Формулировка проблемы. Определение целей. Формирование критериев. Генерирование и выбор альтернатив. Интерпретации и анализ ожидаемых результатов.

Марковские случайные процессы. Понятие системы и множества её состояний. Понятие случайного процесса. Марковский дискретный случайный процесс. Граф состояний. Реализация случайного процесса. Марковская цепь. Переходные вероятности. Вероятности состояний. Поток событий. Пуассоновский поток событий. Процесс гибели и размножения.

Моделирование систем массового обслуживания. Понятие системы массового обслуживания (СМО). Структура и классификация СМО. Входящий поток заявок, каналы обслуживания, выходящий поток заявок. Многоканальная СМО с отказами, её параметры и характеристики функционирования. Размеченный граф состояний, предельные вероятности состояний, вероятность отказа, среднее время обслуживания.

Имитационное моделирование экономических систем. Виды имитационного моделирования. Понятие модельного времени. Этапы построения имитационных моделей. Средства имитационного моделирования. Агентно-ориентированное моделирование сложных экономических систем.

Сетевое планирование и управление. Понятие сетевой модели и схема её построения. Критический путь и методы его определения. Резервы, содержащиеся в некритических работах. Оптимизация сетевой модели: форсирование критических работ, перераспределение резервов, высвобождение средств за счёт пролонгирования работ.

8. Теоретико-игровые модели

Теория игр: основные понятия и определения. Классификация игр. Решение матричных игр с седловой точкой. Решение матричных игр без седловой точки. Смешанные стратегии. Теорема Дж. фон Неймана о существовании решения в смешанных стратегиях.

Игры с природой. Оптимальная стратегия в игре с природой при известном распределении её состояний. Максиминный критерий Вальда выбора стратегии в игре с природой при неизвестном распределении её состояний. Критерий минимаксного риска Сэвиджа выбора стратегии в игре с природой при неизвестном распределении её состояний. Критерий пессимизма-оптимизма Гурвица выбора стратегии в игре с природой при неизвестном распределении её состояний.

9. Организация хранения данных

Базы данных. Понятие и классификация баз данных. Простейшие базы данных: текстовые, иерархические и сетевые. Реляционные базы данных: первичный и внешние ключи, нормализация отношений, схемы построения. Модели данных: концептуальная, логическая и физическая. NoSQL базы данных: «ключ – значение», документная, графовая, колоночная, временных рядов. NewSQL базы данных. Многомерная модель данных.

Системы управления базами данных (СУБД) и их основные функции. Промышленные и персональные СУБД. Понятие транзакции. Системы обработки транзакций в режиме реального времени. Хранимые процедуры, триггеры, представления в реляционных СУБД. Языки запросов.

Хранилище данных. Традиционные архитектура: модели Билла Инмона и Ральфа Кимбалла. Трехуровневая модель организации хранилища данных. Витрина данных: понятие и виды. Способы загрузки данных в хранилище данных. Облачные хранилища данных. Современные архитектуры хранения

данных: Data Lake, Data Mesh, Data LakeHouse, Data Fabric. Проблема «болота данных». Методология Data Governance.

Большие данные: понятие, классификация, основные характеристики. Теорема CAP. Способы обработки: пакетная и потоковая. Лямбда и Каппа-архитектуры обработки больших данных. Многоуровневая архитектура системы управления большими данными. Контейнеризация и оркестрация.

10. Математическое моделирование рисков

Понятие риска. Классификация рисков. Систематический и несистематические риски. Чистые и спекулятивные риски. Страновой и отраслевые риски. Риски инновационных проектов.

Риск и неопределенность в осуществлении экономической деятельности. Место методов математического моделирования в общей схеме управления риском. Цели моделирования рисков. Методы моделирования неопределенности и риска экономической деятельности.

Управление рисками проекта. Идентификация рисков. Вероятность наступления рискового события и величина ущерба. Качественная оценка рисков: методы экспертных оценок, аналогий и другие. Количественный анализ рисков: анализ чувствительности, метод Монте-Карло, PERT-анализ, сценарный анализ. Обработка рисков. Мониторинг и управление рисками.

Актуарные расчеты. Предмет и цели актуарных расчетов. Общие принципы построения моделей расчета страхового тарифа – модели индивидуального и коллективного рисков, динамические модели разорения. Моделирование условий перестрахования.

11. Проектирование экономических информационных систем

Информационные системы: понятие и классификация. Состав и структура информационной системы. Виды обеспечения информационных систем. Жизненный цикл информационной системы. Состав и содержание проектных работ на различных этапах жизненного цикла.

Методологии проектирования информационных систем. Структурные методологии. Методологии, ориентированные на данные. Объектно-ориентированные методологии. Предметно-ориентированная методология.

Моделирование бизнес-процессов организации. Функциональное моделирование (нотация IDEF0). Методология BPMN. Моделирование информационных потоков (нотации Йордана и Гейна-Сарсона). Моделирование сценариев процессов (нотация IDEF3). Методология ARIS.

Архитектура информационной системы. Модульные архитектурные представления. Компонентные архитектурные представления. Архитектурные представления развертывания. Архитектурные модели. Аспектно-ориентированное программирование. Архитектурные шаблоны. Многослойный архитектурный стиль. Проблемно-ориентированное проектирование.

Интеграция на уровне данных, приложений и корпоративных информационных систем. Сервисно-ориентированная архитектура. Интеграционная шина. Стандарты и протоколы интеграции (REST, SOAP, EDI и др.).

12. Интеллектуальные информационные системы

Интеллектуальные информационные системы: понятие, классификации, основные компоненты. Системы с интеллектуальным интерфейсом.

Интеллектуальный анализ данных (ИАД, Data Mining). Процесс выполнения АИД. Задачи ИАД: классификация, кластеризация, прогнозирование, ассоциации и т.п. Методы решения задач ИАД.

Системы поддержки принятия решений (СППР): понятие и виды. Архитектуры СППР. Групповая СППР.

Знания: понятие и классификация. Модели представления знаний. Стратегии получения знаний. Экспертные системы: понятие, классификация, основные компоненты. Механизмы логического вывода.

Искусственные нейронные сети (ИНС): понятие и классификация. Задачи, решаемые с помощью ИНС. Структура биологического и искусственного нейрона. Виды функций активации. Этапы построения ИНС. Обучение ИНС: требования к обучающей выборке, виды алгоритмов обучения ИНС. Сверточные нейронные сети (CNN). Рекуррентные нейронные сети (RNN). Сети долгой краткосрочной памяти (LSTM). Автоэнкодер (AutoEncoder). Трансформеры (Transformer).

Эвристические и метаэвристические методы поиска решений. Популяционные и траекторные методы. Биоинспирированные алгоритмы. Эволюционные алгоритмы. Генетические операторы. Мягкие вычисления. Роевый интеллект.

ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБРАЗОВАНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины: 6 семестр – кандидатский экзамен.

Вопросы, включенные в билеты для проведения экзамена

1. Особенности математического моделирования экономических процессов и систем.
2. Проверка адекватности математической модели.
3. Случайные величины и закон их распределения.
4. Методы сведения многокритериальной задачи к однокритериальной.
5. Нелинейное программирование в моделировании производства.
6. Логистическая регрессия.
7. Неоклассическая производственная функция и её свойства.
8. Модель общего экономического равновесия Вальраса.
9. Статическая модель межотраслевого баланса и ее расширения.
10. Определение наращенной суммы и современной стоимости аннуитета постнумерандо и пренумерандо.
11. Марковские случайные процессы.
12. Параметрический и непараметрический коэффициент корреляции.

13. Виды имитационного моделирования.
 14. Агентно-ориентированное моделирование сложных экономических систем.
 15. Хранимые процедуры, триггеры, представления в реляционных СУБД.
 16. Критический путь и методы его определения.
 17. Теорема Дж. фон Неймана о существовании решения в смешанных стратегиях.
 18. Модель фон Неймана расширяющейся экономики.
 19. Модели Билла Инмона и Ральфа Кимбалла хранилища данных.
 20. Системы обработки транзакций в режиме реального времени.
 21. Критерий минимаксного риска Сэвиджа выбора стратегии в игре с природой при неизвестном распределении её состояний.
 22. Лямбда и Каппа-архитектуры обработки больших данных.
 23. Чистые и спекулятивные риски.
 24. Общие принципы построения моделей расчета страхового тарифа
 25. Экспертные системы: понятие, классификация, основные компоненты.
- Механизмы логического вывода.
26. Предметно-ориентированная методология проектирования информационной системы.
 27. Аспектно-ориентированное программирование.
 28. Модели поведения в условиях несовершенной конкуренции.
 29. Биоинспирированные методы поддержки принятия решений.
 30. Экспертные системы: понятие, классификация, основные компоненты.
 31. Стандарты и протоколы интеграции (REST, SOAP, EDI и др.).
 32. Основные задачи интеллектуального анализа данных.
 33. Сверточные нейронные сети (CNN).
 34. Рекуррентные нейронные сети (RNN).
 35. Нейронные сети долгой краткосрочной памяти (LSTM).
 36. Эволюционные алгоритмы.
 37. Системы с интеллектуальным интерфейсом.
 38. Модели представления знаний.
 39. Моделирование информационных потоков (нотации Йордана и Гейна-Сарсона).
 40. Методология Data Governance.
 41. Способы загрузки данных в хранилище данных.
 42. NewSQL базы данных.
 43. NoSQL базы данных.
 44. Основные виды производственной функции выпуска.
 45. Облачные хранилища данных.
 46. Эвристические и метаэвристические методы поиска решений.

ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Промежуточная аттестация проводится в форме экзамена.

Требования и критерии оценивания ответов экзамена

В процессе экзамена оценивается уровень научно-исследовательской компетентности аспиранта, что проявляется в квалифицированном представлении результатов обучения.

При определении оценки учитывается грамотность представленных ответов, стиль изложения и общее оформление, способность ответить на поставленный вопрос по существу.

Критерии выставления оценки на экзамене:

Оценка «ОТЛИЧНО» выставляется аспиранту, который показал при ответе на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы, что владеет материалом изученной дисциплины, свободно применяет свои знания для объяснения различных явлений и решения задач.

Оценка «ХОРОШО» выставляется аспиранту, в основном правильно ответившему на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы, но допустившему при этом не принципиальные ошибки.

Оценка «УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» выставляется аспиранту, который в ответах на вопросы экзаменационного билета допустил существенные и даже грубые ошибки, но затем исправил их сам

Оценка «НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» выставляется аспиранту, который:

- а) не ответил на вопросы экзаменационного билета
- б) при ответе на дополнительные вопросы обнаружил незнание большого раздела экзаменационной программы.

Данные критерии указаны Инструктивном письмом И-23 от 14 мая 2012 г.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература:

1. Хуснутдинов, Р. Ш. Экономико-математические методы и моделирование / Р. Ш. Хуснутдинов. — Москва : ИНФРА-М, 2023. — 224 с.
2. Власов, Д.А. Математические методы в проектном анализе / Д.А. Власов. — М.: ИНФРА-М, 2026. — 256 с.
3. Булыгина, О.В. Имитационное моделирование в экономике и управлении / О.В. Булыгина, А.А. Емельянов, Н.З. Емельянова. — М.: ФОРУМ: ИНФРА-М. — 2024. — 592 с.
4. Балдин, К. В. Математические методы и модели в экономике / К. В. Балдин, В. Н. Башлыков, А. В. Рукосяев. — Москва : ФЛИНТА, 2024. — 328 с.
5. Системы поддержки принятия решений / под ред. В. Г. Халина, Г.В. Черновой. — Москва : Издательство Юрайт, 2026. — 501 с.

Дополнительная литература:

6. Лычкина, Н.Н. Имитационное моделирование экономических процессов / Н.Н. Лычкина. — Москва : ИНФРА-М, 2022. — 254 с.
7. Браздил, П. Метаобучение. Применение в AutoML и науке о данных / П. Браздил, Я. Рейн, К. Соарес, Х. Ваншорен ; перевод с англ. В.С. Яценкова. — Москва : ДМК Пресс, 2023. — 430 с.
8. Косников, С.Н. Основы анализа данных и интеллектуальные системы / С.Н. Косников, А.Л. Золкин, Ф.Р. Ахмадуллин, А.Б. Урусова, Н.Н. Малова, И.А. Поскряков, Р.А. Вербицкий. — Санкт-Петербург : Лань, 2025. — 176 с.
9. Булыгина, О.В. Системный анализ в управлении / О.В. Булыгина, А.А. Емельянов, Н.З. Емельянова, А.А. Кукушкин. — М.: ФОРУМ: ИНФРА-М. — 2021. — 450 с.
10. Ганичева, А.В. Методы и модели решения задач принятия решений, оптимизации и распределения ресурсов / А. В. Ганичева, А. В. Ганичев. — Тверь : ТвГТУ, 2024. — 172 с.

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Доцент кафедры информационных технологий в экономике и управлении
канд. экон. наук, доцент



О.В. Булыгина

Заведующий кафедрой информационных технологий в экономике и управлении
док-р техн. наук, профессор



М.И. Дли

Директор филиала ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске
док-р техн. наук, профессор



А.С. Федулов