

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор

_____ /С.Ю. Рощин/

Одобрено на заседании Академического
совета Аспирантской школы по
техническим наукам

Согласовано

Академический директор Аспирантской
школы по техническим наукам

_____ /И.С. Монахов/

**Программа вступительного испытания по специальности основной образовательной
программы высшего образования – программы подготовки научных и научно-
педагогических кадров в аспирантуре
Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ**

Научная специальность: 1.2.2 Математическое моделирование, численные методы и
комплексы программ

Москва, 2022

1. Область применения и нормативные ссылки

Программа вступительного испытания сформирована на основе федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования по программам специалитета или магистратуры.

2. Структура вступительного экзамена

Вступительное испытание основной образовательной программы высшего образования – программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по образовательной программе Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ состоит из двух частей: оценки индивидуальных достижений (портфолио) и оценки знаний по направлению подготовки (собеседование).

Максимальная возможная оценка за обе части вступительного испытания по специальности составляет 100 баллов.

Для участия в конкурсе по итогам вступительного испытания по специальности необходимо набрать суммарно не менее 30 баллов. Оценка за вступительное испытание по специальности от 1 до 29 баллов считается неудовлетворительной.

2.1. Оценка индивидуальных достижений. Структура портфолио Максимальная возможная оценка за индивидуальные достижения (портфолио) составляет 50 баллов.

Для участия в конкурсе оценки индивидуальных достижений (портфолио) абитуриент может представить следующие документы, подтверждающие его достижения:

1) Документы, подтверждающие опыт научно-исследовательской деятельности абитуриента.

а. Доклады на международных и российских конференциях, научных семинарах, научных школах и т.д. по направлению будущего диссертационного исследования. Подтверждается представлением программы конференции, диплома (сертификата) участника.

б. Опубликованные или принятые к публикации научные работы (статьи, доклады в сборниках докладов). Подтверждается представлением электронных копий подлинников, ссылкой на открытые источники, справкой из редакции о принятии к публикации с обязательным указанием номера журнала и страниц. Публикации должны относиться к тому же направлению, что и тема будущего диссертационного исследования.

в. Свидетельства о государственной регистрации программ и баз данных, патенты на изобретения, патенты на полезные модели, и проч.

г. Участие в научно-исследовательских проектах, академических грантах. Подтверждается данными проекта (название, номер гранта, фонд), контактными данными руководителя проекта и краткой аннотацией (не более 200 слов), разъясняющей суть работы абитуриента.

2) **Рекомендательное письмо** от потенциального научного руководителя планируемого диссертационного исследования, в котором отражено его согласие выступить научным руководителем абитуриента в аспирантуре, а также, при знакомстве потенциального руководителя с научной и учебной деятельностью абитуриента, ее характеристика.

3) **Описание исследовательского проекта** (не более четырех страниц), который поступающий предполагает реализовать во время обучения в аспирантуре (на русском или английском языке). Описание проекта должно содержать: а) актуальность - краткое

введение в область предполагаемого исследования, текущее состояние выбранной отрасли; б) формулировку проблемы исследования и научную новизну; в) цели и задачи исследования; г) обоснование теоретической или практической значимости; д) краткое описание предполагаемых подходов и методов в решении поставленных задач.

2.2. Критерии оценки портфолио

Критерий оценки	Количество баллов
Доклады на конференциях	Максимум 5 баллов
с публикацией докладов (за каждую)	2 балла
без публикации докладов (за каждую)	1 балл
Публикация научных работ	Максимум 20 баллов
<i>Публикация в журнале или в сборнике докладов, индексируемом в Web of Science/Scopus:</i>	
публикация в журнале первого квартиля (Q1) без соавторов	20 баллов
публикация в журнале первого квартиля (Q1) в соавторстве	19 баллов
публикация в журнале второго квартиля (Q2) без соавторов	18 баллов
публикация в журнале второго квартиля (Q2) в соавторстве	17 баллов
публикация в журнале третьего квартиля (Q3) без соавторов	15 баллов
публикация в журнале третьего квартиля (Q3) в соавторстве	14 баллов
публикация в журнале четвертого квартиля (Q4) без соавторов	13 баллов
публикация в журнале четвертого квартиля (Q4) в соавторстве	12 баллов
публикация в журнале без квартиля без соавторов	11 баллов
публикация в журнале без квартиля в соавторстве	10 баллов
<i>Публикация в журнале, входящем в Дополнительный перечень журналов НИУ ВШЭ:*</i>	
без соавторов	12 баллов
в соавторстве	10 баллов
<i>Публикация в журнале или в сборнике докладов, не индексируемом в Web of</i>	

<i>Science/Scopus:</i>	
Публикация в журнале из списка ВАК без соавторов	8 баллов
Публикация в журнале из списка ВАК в соавторстве	6 баллов
Свидетельства о государственной регистрации программ и баз данных, патенты на изобретения, патенты на полезные модели, и проч.	5 баллов
Участие в научно-исследовательских проектах	5 баллов
Рекомендательное письмо от потенциального научного руководителя	5 баллов
Описание исследовательского проекта	до 10 баллов

* Дополнительный перечень журналов НИУ ВШЭ представлен по ссылке:

<https://scientometrics.hse.ru/goodjournals>

Оценка индивидуальных достижений проводится на собеседовании.

Минимальный балл (неудовлетворительная оценка) за портфолио – до 9 баллов включительно. Для участия в конкурсе по итогам оценки индивидуальных достижений необходимо набрать суммарно не менее 10 баллов.

2.3. Структура и процедура проведения оценки знаний по направлению подготовки (собеседование)

Максимальная возможная оценка за собеседование составляет 50 баллов.

Собеседование состоит из двух частей.

1) Ответ на вопросы в соответствии с направленностью (научной специальностью) будущей научно-исследовательской работы (диссертации). Абитуриент выбирает билет, содержащий два вопроса из представленных в программе собеседования тем.

Абитуриенту предоставляется 30 минут на подготовку. В ходе ответа комиссия может задавать уточняющие вопросы. Оценка за ответы по каждому из вопросов составляет максимум 15 баллов.

2) Беседа по планируемому направлению исследований. Абитуриенту необходимо раскрыть следующие вопросы: предполагаемая тема научно исследовательской работы, формулировка проблемы, цели ее исследования, новизна. В ходе ответа комиссия может задавать уточняющие вопросы. Оценка за данную часть собеседования составляет максимум 20 баллов.

Собеседование проводится на русском или английском языке (по желанию абитуриента), собеседование может проводиться дистанционно с использованием информационных технологий.

2.4. Критерии оценки собеседования

Критерии оценивания ответа по вопросам программы собеседования	Баллы
Ответ полный, без замечаний, продемонстрированы знания по специальной дисциплине	14-15
Ответ полный, с незначительными недочетами, продемонстрированы знания по специальной дисциплине	11-13
Ответ полный, с незначительными замечаниями	6-10
Ответ не полный, с существенными замечаниями	3-5
Ответ на поставленный вопрос не дан	0-2
Критерии оценивания ответа по планируемому направлению исследований	Баллы
Ответ полный, без замечаний, продемонстрировано представление о планируемом направлении исследований	20
Ответ полный, с незначительными недочетами, продемонстрировано представление о планируемом диссертационном исследовании	16-19
Ответ полный, с незначительными замечаниями	11-15
Ответ не полный, с существенными замечаниями	7-10
Ответ на поставленный вопрос не дан	0-6

В случае набора абитуриентами равного количества баллов (полупроходного балла), преимущество получает абитуриент, соответствующий перечисленным ниже критериями. Критерии представлены в порядке убывания значимости.

1. оценка за собеседование;
2. оценка за индивидуальные достижения;

3. Программа собеседования

К собеседованию абитуриент готовится по темам одного из 5 блоков в соответствии с направленностью (научной специальностью) будущей научно исследовательской работы (диссертации), указанной в заявлении о поступлении в аспирантуру.

3.1. Основы математического моделирования

Основные принципы математического моделирования. Виды математических моделей. Области применения. Принципы построения математических моделей. Методы исследования математических моделей.

Компьютерное и имитационное моделирование. Методология имитационного моделирования. Область применения. Математический аппарат имитационного

моделирования. Принципы и методы построения имитационных моделей.

Компьютерные среды и языки имитационного моделирования.

3.2. Математический анализ и дифференциальные уравнения

Исследование точек оптимума и перегиба функций одной переменной с помощью производных. Полные системы функций (полиномы и тригонометрические функции). Разложение произвольной функции по полной системе функций; остаточный член.

Обыкновенные дифференциальные уравнения: теорема существования и единственности, линейные уравнения первого и второго порядков, однородные уравнения, классификация стационарных точек.

3.3. Методы оптимизации

Математическое программирование. Типы экстремумов функций многих переменных, условия локального экстремума, метод множителей Лагранжа, их интерпретация. Основные понятия выпуклого программирования. Седловые точки. Функция Лагранжа. Теорема Куна - Таккера и ее геометрическая интерпретация.

Формулировка задачи линейного программирования (ЛП). Понятия опорного плана и базиса, вырожденность и невырожденность задач ЛП, основные принципы симплекс-метода. Основные теоремы ЛП. Динамическое программирование.

3.4. Алгебра

Линейное пространство. Линейная зависимость. Базис. Системы линейных уравнений (СЛУ). Критерий совместности СЛУ. Обратная и псевдообратная матрицы.

Линейные операторы. Собственные векторы и собственные значения квадратной матрицы и симметричной квадратной матрицы. Диагонализация матрицы линейного оператора. Сингулярные числа прямоугольных матриц и их связь с собственными числами ассоциированных матриц. Матричные разложения.

Скалярное произведение. Ортогональность. Процесс ортогонализации Грама – Шмидта.

Билинейные и квадратичные формы. Знакоопределенные и полуопределенные квадратичные формы и их свойства.

3.5. Основы теории вероятностей и математической статистики

Случайные величины. Распределение дискретных случайных величин. Характеристики распределений. Основные законы распределения непрерывных случайных величин. Функции плотности распределения, свойства и квантили одномерной, двумерной и n-мерной нормальной случайной величины. Распределения хи-квадрат, Стьюдента, Снедекора – Фишера, логнормальное и равномерное. Закон больших чисел (в форме Чебышёва) как выражение свойства статистической устойчивости среднего значения. Центральная предельная теорема. Генеральная совокупность, выборка и ее основные характеристики (среднее значение, дисперсия, асимметрия, квантили, функции распределения и плотности). Понятие статистической гипотезы и статистического критерия. Основные понятия теории статистических оценок и свойства оценок (несмещенность, состоятельность, асимптотическая нормальность, эффективность).

3.6. Случайные процессы и теория массового обслуживания

Случайные процессы, основные понятия, их классификация. Конечные цепи Маркова. Эргодическая теорема. Уравнение Чепмена – Колмогорова для дискретных и непрерывных цепей.

Понятие системы массового обслуживания (СМО). Классификация СМО. Системы

массового обслуживания с отказами. Системы массового обслуживания без отказов. Поток заявок. Простейший поток. Поток с переменным параметром. Стационарные потоки. Потоки типа Пальма. Предельная теорема. Марковский поток. Уравнения Эрланга. Процесс типа «гибель и размножение».

3.7. Дискретный анализ

Комбинаторные методы дискретного анализа. Классические задачи комбинаторного анализа. Разбиения и размещения. Основные комбинаторные тождества. Задачи о кодировании информации. Перечислительные задачи о назначениях.

Элементарная теория множеств. Булева алгебра. Логика высказываний. Построение ДНФ и КНФ логической функции. Логика предикатов первого порядка. Теорема о дедукции. Теорема о полноте. Методы логического вывода. Бинарные отношения и графы. Способы представления графов.

Пути в графе. Связность. Теорема о связанности двух вершин, имеющих нечетную локальную степень. Максимальное число ребер в графе с n вершинами и k связными компонентами. Достаточное условие связности графа с n вершинами. Деревья. Связанность любых двух вершин дерева единственным простым путем. Проблема визуализации деревьев.

Эйлеровы пути и циклы. Алгоритм построения эйлеровых циклов. Оценка сложности алгоритма. Гамильтоновы пути и циклы. Сложность задачи проверки существования гамильтонова цикла. Нахождение кратчайших путей в ориентированном графе.

3.8. Основы теории принятия решений

Классификация задач принятия решений. Этапы принятия решений. Модели индивидуального выбора. Отношения порядка и квазипорядка. Функция выбора. Понятия наследуемости и независимости. Теория полезности.

Экспертные методы в принятии решений. Принятие решений при многих критериях. Множество Парето. Процедуры выбора части множества Парето. Методы решения многокритериальных задач: методы свертки, пороговые методы. Анализ эффективности затрат АЭЗ (методы затраты-эффект).

Системы поддержки принятия решений. Современные инструментальные средства и системы поддержки принятия решений.

3.9. Численные методы

Численные методы линейной алгебры. Вычисление наибольшего по модулю собственного значения матрицы. Прямые и итерационные методы. Способы ускорения сходимости. Градиентные методы. Методы ортогонализации.

Метод конечных разностей и конечных объемов, метод конечных элементов. Аппроксимация, устойчивость и сходимость. Теорема о сходимости. Корректность постановок краевых задач при их численной аппроксимации.

Основные численные алгоритмы решения обыкновенных дифференциальных уравнений: методы Рунге-Кутты и Адамса.

3.10. Алгоритмы и структуры данных

Подходы к проектированию алгоритмов: «разделяй и властвуй», динамическое программирование, жадная стратегия. Алгоритмы сортировки, двоичного поиска. Алгоритмы на графах: обход графа, поиск кратчайших путей, построение минимального остовного дерева. Двоичные деревья поиска, кучи, хеш-таблицы.

Машина Тьюринга. Тезис Черча. Неразрешимость проблемы останова машины

Тьюринга. Анализ сложности алгоритмов. Классы задач P и NP, примеры. Сводимость задач по Карпу и Тьюрингу. NP-полнота. Теорема Кука.

3.11. Программное обеспечение

Основные виды программного обеспечения. Программные продукты и сервисы. Архитектура программных систем. Технологии проектирования программных систем. Методологии разработки программных систем: Agile, RUP, Scrum. Принципы разработки человеко-машинного интерфейса. Сетевые технологии.

Базы данных. Основы реляционной алгебры. Функциональные зависимости. Нормальные формы. Тестирование программного обеспечения. Современные вычислительные среды.

Список рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Алескеров Ф.Т., Хабина Э.Л., Шварц Д.А. Бинарные отношения, графы и коллективные решения. — М.: Физматлит, 2013.
2. В. Ашихмин и др. Введение в математическое моделирование. Университетская книга, Логос. Серия: Новая университетская библиотека — 2007.
3. Басакер Р., Саати Т. Конечные графы и сети. — М.: Наука, 1974. 4. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Прикладные задачи теории вероятностей. — М.: Радио и связь, 1983.
5. Зарубин В.С. Математическое моделирование в технике. — М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003
6. Кузнецов О.П., Дискретная математика для инженера. — М.: Лань, 2004. 7. Лаврищева Е.М., Петрухин В.А. Методы и средства инженерии программного обеспечения: Учебник. — М.: МФТИ (ГУ), 2006.
8. Ларичев О.И. Теория и методы принятия решений. — М.: Логос, 2002. 9. Литвак Б.Г. Экспертные оценки и принятие решений. — М.: Патент, 1996. 10. Миркин Б.Г. Проблема группового выбора. — М.: Наука, 1974. 11. Оре О. Графы и их применение. — М.: Мир, 1965.
12. Самарский А. А., Гулин А.В. Численные методы. — М.: Наука, 1989. 13. Советов Б.Л., Яковлев С.А. Моделирование систем. — М.: ВШ, 1985. 14. Шведов А.С. Теория вероятностей и математическая статистика. Учебное пособие для студентов экономических специальностей. М., изд-во ВШЭ, 1995.

Дополнительная литература

1. Айвазян С.А., Мхитарян В.С. Прикладная статистика и основы эконометрики. — М.: ЮНИТИ, 1998 (разделы 1 и 2).
2. Айзерман М.А., Алескеров Ф.Т. Выбор вариантов (основы теории). — М.: Наука, 1990.
3. Акимов О.Е. Дискретная математика: логика, группы, графы. — М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2001.
4. Алескеров Ф.Т. Пороговая полезность, выбор и бинарные отношения // Автоматика и телемеханика. 2003. №3. С. 8 - 27.
5. Алескеров Ф.Т., Ортешук П. «Выборы. Голосование. Партии» — М.: Академия, 1995.
6. Брамс С., Тейлор А. Делим по справедливости. — М.: Синтег, 2002. 7. Васин А.Л., Морозов В.В. Теория игр и модели математической экономики. — М.: Макс Пресс, 2005.
8. Дворецкий И., Муромцев Ю.Л., Погонин В.А., Схиртладзе А.Г. Моделирование си-

стем. — М.: Академия, 2009.

9. Дейт К. Дж.. Введение в системы баз данных. — М.: Вильямс, 2005. 10. Джен Л. Харрингтон. Проектирование реляционных баз данных. — Лори, 2006.