

УТВЕРЖДАЮ

Проректор

\_\_\_\_\_ С.Ю. Роцин

Одобрено на заседании  
Академического совета Аспирантской  
школы по компьютерным наукам

Согласовано

Академический директор

Аспирантской школы по

компьютерным наукам

\_\_\_\_\_ А.В. Зароднюк

**Программа вступительного испытания по специальности основной  
образовательной программы высшего образования – программы подготовки  
научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре  
Компьютерные науки**

Научные специальности: 2.3.5 Математическое и программное обеспечение  
вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей

## 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 испытания

Вступительное испытание основной образовательной программы высшего образования – программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре Компьютерные науки состоит из двух частей: оценка индивидуальных достижений и исследовательского потенциала и собеседование (оценка знаний по направлению под подготовки).

Вступительное испытание проводится на русском или английском языке (по желанию абитуриента). По предварительному согласованию с абитуриентом вступительное испытание может проводиться дистанционно с использованием информационных технологий.

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

1. Более высокая, чем у других абитуриентов с полупроходным баллом, оценка за вступительное испытание по специальности.
2. Наличие опыта работы в исследовательском проекте по направлениям, релевантным исследованиям научного руководителя, существующим проектам лабораторий департамента, специфике направления обучения в аспирантуре.
3. Наличие опубликованных статей в международных рецензируемых научных журналах, индексируемых в Scopus или Web of Science, участие с докладами в конференциях уровня А\* или А по рейтингу CORE (версия 2018 года).

### 2.1. Оценка индивидуальных достижений и исследовательского потенциала. Структура портфолио

Оценка индивидуальных достижений и исследовательского потенциала основывается на представленных абитуриентом документах и беседе с абитуриентом. Абитуриент может (но не обязан) предоставить следующие документы:

1. Резюме (CV), включающее список публикаций, сведения об участии в конференциях, школах, исследовательских проектах, научных грантах, опыте работы, знании языков и т.д. Резюме может быть составлено на русском или английском языке (по желанию абитуриента).
2. 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 краткое введение в область предполагаемого исследования; описание задач, которыми поступающий предполагает заниматься в аспирантуре; обоснование их теоретической или практической значимости; краткое описание существующих подходов к решению этих задач и подходов, которые собирается развивать поступающий.
3. Копия документа об образовании с перечнем пройденных дисциплин и оценок по этим дисциплинам.

4. Рекомендательное письмо от сотрудника НИУ ВШЭ, в котором отражено его согласие выступить научным руководителем абитуриента в аспирантуре. Рекомендательное письмо от руководителя одной из научных лабораторий НИУ ВШЭ, в котором выражен интерес лаборатории к предполагаемому диссертационному исследованию абитуриента и готовность сотрудничать с абитуриентом в случае его поступления в аспирантуру.
5. Научные публикации абитуриента (в виде файлов в формате PDF).
6. Текст магистерской диссертации (в виде файла в формате PDF).
7. Документы, подтверждающие участие абитуриента в выполнении научно-исследовательских работ (отчет по НИР, отзыв руководителя НИР о работе абитуриента)
8. Дипломы и сертификаты, подтверждающие академические достижения абитуриента (победы в студенческих олимпиадах, конкурсах студенческих работ, получение индивидуальных академических стипендий и грантов на обучение).

## 2.2. Критерии оценки портфолио

Максимальная возможная оценка составляет 50 баллов. **Оценка менее 15 баллов считается неудовлетворительной. Абитуриент, получивший неудовлетворительную оценку за портфолио выбывает из конкурса.** Оценка формируется из следующих частей:

Критерий оценки	Количество баллов
Степень проработанности исследовательского проекта, который поступающий предполагает реализовать во время обучения в аспирантуре; его соответствие выбранному направлению подготовки и тематике научных исследований, осуществляемых в соответствующем подразделении НИУ ВШЭ; наличие у абитуриента задела по проекту.	до 20 баллов
Наличие рекомендательного письма от сотрудника НИУ ВШЭ, в котором отражено его согласие выступить научным руководителем абитуриента в аспирантуре, подтверждающего серьезные намерения абитуриента.	до 5 баллов
Наличие рекомендательного письма от руководителя одной из научных лабораторий НИУ ВШЭ, подтверждающего интерес лаборатории к предполагаемому диссертационному исследованию абитуриента.	до 5 баллов
Уровень представленных публикаций и конференций, их соответствие предполагаемой тематике исследований, личный вклад абитуриента (в случае соавторства).	до 15 баллов
Опыт участия абитуриента в исследовательских проектах.	до 5 баллов

### 2.3. Собеседование (оценка знаний по направлению подготовки)

Оценка знаний по направлению подготовки проводится в устной форме с обязательным оформлением ответов на вопросы билета в письменном виде. Абитуриент получает два вопроса, соответствующих программе экзамена (см. пункт 3). Вопросы программы разделены на блоки, не которые из которых отнесены к общей части, а другие — к специализированным. Абитуриент получает первый вопрос билета из общей части, а второй — из выбранного им специализированного блока. Абитуриенту предоставляется 40 минут на подготовку, после чего абитуриент отвечает на вопросы. Абитуриенту могут быть заданы дополнительные вопросы или задачи в рамках программы экзамена.

Максимальная возможная оценка составляет 50 баллов. **Оценка менее 15 баллов считается неудовлетворительной. Абитуриент, получивший неудовлетворительную оценку за собеседование выбывает из конкурса.**

## 3. Содержание программы оценки знаний по направлению

### подготовки

#### Общая часть

##### 1. 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.

##### 2. 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. Современные методы градиентной оптимизации.

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

Потоки в сетях. Теорема Форда – Фалкерсона. Транспортная задача.

Динамическое программирование. Примеры задач, решаемых методом динамического программирования.

##### 3. 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 (сингулярное разложение, QR-разложение,

LU-разложение, разложение Холецкого).

Скалярное произведение. Ортогональность. Процесс ортогонализации Грама – Шмидта. Билинейные и квадратичные формы. Знакоопределенные и полуопределенные квадратичные формы и их свойства.

Полугруппы и моноиды. Группы, кольца, поля. Идеалы. Модули. Полурешетки и решетки, дистрибутивные и булевы решетки.

#### **4. 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.

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

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).

#### **5. Основы теории множеств и математической логики**

Основные понятия теории множеств. Операции над множествами. Счетные множества. Кардинальные числа. Определение и свойства отношений. Замыкание отношений относительно различных свойств. Отношение эквивалентности. Классы эквивалентности.

Отношения частичного и полного порядка. Полурешетки и решетки как частично упорядоченные множества.

Синтаксис и семантика логики высказываний. Понятия выполнимости, общезначимости и логического следствия. Дизъюнктивные и конъюнктивные нормальные формы. Метод резолюции в логике высказываний.

Синтаксис и семантика логики предикатов первого порядка. Нормальные формы, эрбрановские интерпретации, теорема Эрбрана. Неразрешимость задач определения выполнимости и общезначимости формулы логики предикатов. Метод резолюции в логике предикатов.

Понятия полноты и непротиворечивости логической системы. Теоремы о полноте исчисления высказываний и логики предикатов первого порядка. Теоремы Геделя о неполноте.

#### **6. Основы теории графов**

Бинарные отношения и графы. Способы представления графов. Подграфы. Маршруты, цепи, циклы. Связность. Компоненты связности в ориентированных и неориентированных графах.

Эйлеровы пути и циклы. Алгоритм построения эйлеровых циклов. Оценка сложности алгоритма. Гамильтоновы пути и циклы. Сложность задачи проверки существования гамильтонова цикла.

Раскраска графов. Хроматическое число.

Двудольные графы. Паросочетания и алгоритм построения наибольшего паросочетания в двудольном графе.

Деревья. Связанность любых двух вершин дерева единственным простым путем. Способы представления деревьев. Сбалансированные двоичные деревья.

Алгоритмы на графах: обход графа, поиск кратчайших путей, построение

минимального остонового дерева, нахождение максимального потока и минимального разреза.

## Специализированные блоки вопросов

### 7. Теория и практика программирования

Парадигмы программирования: императивное, декларативное, структурное, функциональное, логическое, объектно-ориентированное программирование.

Типы и структуры данных. Статическая, динамическая, явная и неявная типизация. Приведение типов. Параметрический полиморфизм. Управление памятью. Сборка мусора. Управление потоком вычислений. Рекурсия.

### 8. Программное обеспечение: модели, методы, алгоритмы, языки и инструментальные средства

Интерпретируемые и компилируемые программы. Платформозависимые и кроссплатформенные программы, способы обеспечения кроссплатформенности.

Средства и среды разработки программного обеспечения. Системы программирования: языки, трансляторы, редакторы связей, отладчики, текстовые редакторы. Типы модулей (исходный, загрузочный, объектный). Связывание модулей по управлению и данным. Система контроля версий. Система отслеживания ошибок.

Структура и функции операционных систем (ОС). Основные средства аппаратной поддержки функций ОС: система прерываний, защита памяти, механизм преобразования адресов в системах виртуальной памяти, управление каналами и периферийными устройствами. Firmware — встроенные программы. Middleware — связующее (промежуточное) программное обеспечение. Классификация утилит операционных систем.

Управление доступом к данным. Файловые системы (основные типы, характеристика). Распределение и использование ресурсов вычислительной системы. Основные подходы и алгоритмы планирования. Управление памятью. Методы организации виртуальной памяти в современных ОС.

Организация сетевого взаимодействия в современных ОС.

Виды процессов и управление ими в современных ОС. Средства взаимодействия процессов.

Модель клиент-сервер и ее реализация в современных ОС.

Структура современных распределенных ОС. Объектно-ориентированный подход в организации ОС.

Экспериментальные методы измерения загруженности процессора и использования памяти.

### 9. Архитектура вычислительных систем и сетей

Понятие архитектуры вычислительных систем (ВС). Основные подходы к классификациям ВС. Основные принципы организации CISC, RISC, URISC, MISC и VLIW архитектур. Способы организации обработки информации в них.

Основные методы организации многопроцессорных систем с распределенным управлением.

Методы организации обработки информации в таких системах.

Системы с общей и распределенной памятью.

Основные принципы функционирования сетей ЭВМ. Классификация сетей по масштабу и топологии. Понятие сетевого протокола. Семиуровневая модель OSI/ISO. Сетевая архитектура TCP/IP: основные принципы организации и функционирования. Способы маршрутизации сообщений в компьютерных сетях. Основные принципы и средства управления сетью.

### 10. Базы данных

Системы управления базами данных. Иерархическая, сетевая, реляционная модели баз данных.

Основы реляционной алгебры. Функциональные зависимости. Нормальные формы. Язык SQL.

Организация физического уровня баз данных. Методы индексирования и сжатия данных.

Средства управления и изменения схемы базы данных, определения ограничений целостности. Контроль доступа.

### Список рекомендуемой литературы:

1. Алескеров Ф.Т., Хабина Э.Л., Шварц Д.А. Бинарные отношения, графы и коллективные решения. — М.: Физматлит, 2013.
2. Арнольд В.И., Обыкновенные дифференциальные уравнения. — М.: Наука, 1984.
3. Ахо А., Ульман Дж. Теория синтаксического анализа, перевода и компиляции. Т.1. Синтаксический анализ. — М.: Мир, 1978.
4. Ахо А., Ульман Дж. Теория синтаксического анализа, перевода и компиляции. Т.2. Компиляция. — М.: Мир, 1978.
5. Басакер Р., Саати Т. Конечные графы и сети. — М.: Наука, 1974.
6. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Прикладные задачи теории вероятностей. — М.: Радио и связь, 1983.
7. Воронцов К.В. Математические методы обучения по прецедентам (теория обучения машин). — <http://www.machinelearning.ru/wiki/images/6/6d/Voron-ML-1.pdf>
8. Гарсия-Молина Г., Ульман Дж., Уидом Дж. Системы баз данных. Полный курс. — Вильямс, 2003.
9. Гельфанд И.М. Лекции по линейной алгебре. — М.: Наука 1971.
10. Дейт К. Дж. Введение в системы баз данных. — 8-е изд. — М.: Вильямс, 2005.
11. Кузнецов О.П. Дискретная математика для инженера. — М.: Лань, 2004.
12. Мендельсон Э. Введение в математическую логику. — М.: Наука, 1971.
13. Миркин Б.Г. Проблема группового выбора. — М.: Наука, 1974.
14. Рудин У. Основы математического анализа. — М.: Мир, 1976.
15. Оре О. Графы и их применение. — М.: Мир, 1965; — Новокузнецк: Изд. отдел Новокузнецкого физико-математического ин-та, 2000.
16. Роберт У. Себеста. Основные концепции языков программирования. — 5-е изд. — М.: Вильямс, 2001.
17. Степанов А.Н. Архитектура вычислительных систем и компьютерных сетей. — СПб.: Питер, 2007.
18. Таненбаум Э.С. Современные операционные системы. — 2-е изд. — СПб.: Питер, 2005.
19. Таненбаум Э.С., Вудхалл А.С. Операционные системы. Разработка и реализация. — 3-е изд. — СПб.: Питер, 2007.
20. Успенский В.А., Верещагин Н.К., Плиско В.Е. Вводный курс математической логики. — 2-е изд. — М.: Физматлит, 2004.
21. Хопкрофт Дж., Мотвани Р., Ульман Дж. Введение в теорию автоматов, языков и вычислений. — 2-е изд.: Пер. с англ. — М.: Вильямс, 2008.
22. Шведов А.С. Теория вероятностей и математическая статистика. Учебное пособие для студентов экономических специальностей. — М.: Изд-во ВШЭ, 1995.
23. Kleinberg J., Tardos E. Algorithm Design. — Addison-Wesley, 2005.
24. Moore C., Mertens S. The Nature of Computation. — Oxford University Press, 2011.
25. Sipser M. Introduction to the Theory of Computation. — Boston, Mass.: Thomson Course Technology, 2006
26. Гарсия-Молина Г., Ульман Дж., Уидом Дж. Системы баз данных. Полный курс. — Вильямс, 2003.
27. Гельфанд И.М. Лекции по линейной алгебре. — М.: Наука 1971.
28. Гладкий А.В. Формальные грамматики и языки. — М.: Наука, 1973.

29. Дасгупта С., Пападимитриу Х., Вазирани У. Алгоритмы. — М.: МНЦМО, 2014. 13. Дейт К.Дж. Введение в системы баз данных. — 8-е изд. — М.: Вильямс, 2005. 14. Кормен Т.Х., Лейзерсон Ч.И., Ривест Р.Л., Штайн К. Алгоритмы: построение и анализ. — 2-е издание: Пер. с англ. — М.: Вильямс, 2007.
30. Оре О. Графы и их применение. — М.: Мир, 1965; — Новокузнецк: Изд. отдел Новокузнецкого физико-математического ин-та, 2000.
31. Роберт У. Себеста. Основные концепции языков программирования. — 5-е изд. — М.: Вильямс, 2001.
32. Степанов А.Н. Архитектура вычислительных систем и компьютерных сетей. — СПб.: Питер, 2007.
33. Таненбаум Э.С. Современные операционные системы. — 2-е изд. — СПб.: Питер, 2005. 27. Таненбаум Э.С., Вудхалл А.С. Операционные системы. Разработка и реализация. — 3-е изд. — СПб.: Питер, 2007.
34. Успенский В.А., Верещагин Н.К., Плиско В.Е. Вводный курс математической логики. — 2-е изд. — М.: Физматлит, 2004.
35. Хопкрофт Дж., Мотвани Р., Ульман Дж. Введение в теорию автоматов, языков и вычислений. — 2-е изд.: Пер. с англ. — М.: Вильямс, 2008.
36. Шведов А.С. Теория вероятностей и математическая статистика. Учебное пособие для студентов экономических специальностей. — М.: Изд-во ВШЭ, 1995.
37. Moore C., Mertens S. The Nature of Computation. — Oxford University Press, 2011.
38. Sipser M. Introduction to the Theory of Computation. — Boston, Mass.: Thomson Course Technology, 2006.