

**Правительство Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
Национальный исследовательский университет  
«Высшая школа экономики»**

*Утверждаю  
Проректор НИУ ВШЭ  
С.Ю. Роцин*

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2015 г.

**Программа  
вступительного испытания в аспирантуру по направлению  
02.06.01 Компьютерные и информационные науки,  
профиль «Математическое и программное обеспечение вычислительных ма-  
шин, комплексов и компьютерных сетей»**

*Разработана Академическим советом  
Аспирантской школы по компьютерным наукам*

*Академический директор  
Аспирантской школы по компьютерным наукам  
С.А. Обьедков*

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2015 г.

Москва  
2015

Вступительный экзамен в аспирантуру по специальности 05.13.11 «Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей» проводится в устной форме с обязательным оформлением ответов на вопросы билета в письменном виде. Поступающие должны продемонстрировать знание следующих тем:

## 1. Дискретная математика

Основные понятия теории множеств. Операции над множествами. Булеан. Алгебра подмножеств. Диаграммы Эйлера-Венна. Представление множеств в компьютере. Определение и свойства отношений. Замыкание отношений относительно различных свойств. Отношения частичного и полного порядка. Диаграммы Хассе. Отношение эквивалентности. Классы эквивалентности. Фактормножества. Представление отношений в компьютере. Функции. Инъекция, сюръекция и биекция. Представление функций в компьютере.

Алгебраические структуры. Алгебры. Свойства операций. Морфизмы. Полугруппы. Моноиды. Группы. Кольца. Области целостности. Поля. Векторные пространства. Линейные комбинации. Базис и размерность. Решетки. Булевы алгебры. Матроиды. Жадный алгоритм.

Булевы функции. Реализация функций формулами. Равносильные формулы. Тавтология. Противоречие. Выполнимость. Опровержимость. Подстановка и замена. Алгебра булевых функций. Принцип двойственности. Нормальные формы. Дизъюнктивные и конъюнктивные разложения Шеннона. Совершенные дизъюнктивные и конъюнктивные нормальные формы. Ортогональность. Дизъюнктивные и конъюнктивные разложения Рида. Полином Жегалкина. Замыкание множества булевых функций. Замкнутые классы. Критерий Поста.

Логические исчисления. Логические связки. Формулы высказываний. Выводимость. Логическое следование и логическая эквивалентность. Формальные теории. Исчисление высказываний. Алгоритм унификации. Правила вывода. Дедукция. Предикаты и кванторы. Исчисление предикатов. Интерпретация. Полнота чистого исчисления предикатов. Теории первого порядка. Исчисления с равенством. Формальная арифметика. Интерпретация и модели. Общезначимость, непротиворечивость, полнота, независимость, разрешимость, аксиоматизируемость. Формулировка теоремы Черча о неразрешимости. Формулировка теоремы Геделя о неполноте. Аксиоматическое доказательство теорем. Доказательство от противного. Сведение к предположениям. Правило резолюции для исчисления высказываний и исчисления предикатов. Опровержение методом резолюций.

Комбинаторика: размещения, перестановки, сочетания с повторениями и без повторений. Подстановки. Группа подстановок. Циклы. Подстановки и перестановки. Инверсии. Биномиальные коэффициенты. Бином Ньютона. Свойства биномиальных коэффициентов. Треугольник Паскаля. Генерация перестановок. Упорядоченные и неупорядоченные разбиения. Числа Стирлинга первого и второго рода. Число Белла. Принцип включения и исключения. Производящие функции.

Кодирование. Алфавитное кодирование. Разделимые и префиксные схемы. Кодирование с минимальной избыточностью. Цена кодирования. Алгоритм Фано. Оптимальное кодирование. Алгоритм Хаффмена. Помехоустойчивое кодирование. Кодирование с исправлением ошибок. Кодовое расстояние. Код Хемминга с исправлением ошибок. Сжатие данных. Алгоритм Лемпел-Зива. Шифрование. Криптография и стеганография. Криптостойкость. Модулярная арифметика. Шифрование с открытым ключом. Цифровая подпись.

Графы. Подграфы. Маршруты, цепи, циклы. Расстояние между вершинами. Связность. Полные, двудольные, направленные орграфы и сети. Представление графов в компьютере. Ациклические графы. Топологическая сортировка. Обходы графов. Графы и отношения. Достижимость и частичное упорядочение. Транзитивное замыкание. Компоненты связности. Точки сочленения. Вершинная и реберная связность. Мосты и блоки. Меры связности. Формулировка теоремы Менгера. Непересекающиеся цепи и разделяющие множества. Формулировка теоремы Холла. Совершенное паросочетание. Потоки в сетях. Разрезы. Формулировка теоремы Форда и Фалкерсона. Алгоритм нахождения максимального потока. Сильная и слабая связность. Компоненты сильной связности. Кратчайшие пути. Алгоритм Флойда. Алгоритм Дейкстры. Деревья ориентированные, упорядоченные, бинарные. Представление деревьев в компьютере. Деревья сортировки. Способы реализации ассоциативной памяти. Алгоритмы поиска, вставки и удаления в дереве сортировки. Выровненные и сбалансированные деревья. Минимальное остовное дерево. Алгоритмы Прима и Краскала. Фундаментальные циклы и разрезы. Циклы и коциклы. Циклический и коциклический ранг. Эйлеровы циклы. Алгоритм построения Эйлерова цикла. Гамильтоновы циклы. Задача коммивояжера. Раскраска графов. Хроматическое число. Планарность. Укладка. Эйлерова характеристика. Проблема четырех красок.

## **2. Теория алгоритмов**

Формальное определение алгоритма: машины Тьюринга, машины Поста, нормальные алгоритмы Маркова, рекурсивные функции. Примитивно-рекурсивные функции. Функция Аккермана. Общерекурсивные и частично-рекурсивные функции. Основная гипотеза теории алгоритмов. Тезис Тьюринга. Тезис Черча. Эквивалентность алгоритмических систем. Вычислимость и разрешимость. Нумерация алгоритмов. Универсальный алгоритм. Разрешимые и перечислимые множества. Алгоритмическая неразрешимость. Примеры алгоритмически неразрешимых проблем. Теорема Райса.

Вычислительная сложность алгоритмов. Недетерминированная машина Тьюринга. Полиномиальная сводимость. Классы P и NP. Примеры NP-полных задач. Оценки сложности алгоритмов.

## **3. Формальные языки и грамматики**

Основные понятия и определения формальных языков и грамматик. Классификация грамматик и языков по Хомскому. Порождающие и аналитические (распознающие) грамматики. Регулярные грамматики, конечные автоматы и регулярные выражения. Минимизация детерминированных конечных автоматов. Контекстно-свободные грамматики и деревья вывода. Нормальные формы контекстно-свободных грамматик. Автоматы с магазинной памятью. Алгоритмически разрешимые и неразрешимые задачи. Формальное описание языка программирования. Лексический анализ языка. Инфиксная, польская префиксная и постфиксная формы записи. Описание синтаксиса языка с помощью нормальной и расширенной форм Бэкуса-Наура. Синтаксический и семантический анализ языка.

#### **4. Теория и практика программирования**

Парадигма программирования. Императивное программирование. Декларативное программирование. Структурное программирование. Функциональное программирование. Логическое программирование. Автоматное программирование. Процедурное программирование. Объектно-ориентированное программирование. Прототипное программирование. Аспектно-ориентированное программирование. Компонентно-ориентированное программирование. Субъектно-ориентированное программирование. Аппликативное программирование. Обобщенное программирование. Доказательное программирование. Порождающее программирование. Агентно-ориентированное программирование. Событийно-ориентированное программирование. Грамотное программирование. Рефлексивное программирование. Распределенное программирование. Контрактное программирование. Параллельное программирование. Мультипарадигмальное программирование.

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

Управление потоком вычислений. Рекурсия.

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

Интерпретируемые и компилируемые программы. Платформозависимые и кроссплатформенные программы, способы обеспечения кроссплатформенности. Проприетарное, открытое и свободное программное обеспечение. Системное, прикладное и инструментальное программное обеспечение. Встроенное программное обеспечение и утилиты.

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. Понятие иерархии абстрактных машин. Система контроля версий. Система отслеживания ошибок.

Классификация SDK. Интерфейс программирования приложений API.

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.

Интерфейсы взаимодействия человека с вычислительной системой. Оболочки. Интерпретаторы команд.

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.

Программные средства машинной графики, визуализации, обработки изображений, систем виртуальной реальности, мультимедийного общения.

Программные системы символьных вычислений.

Системы управления базами данных и знаний. Модели данных. Иерархическая, сетевая, реляционная, алгебра отношений. Примеры СУБД. Базы данных. Основные понятия языков управления и манипулирования данными. Организация физического уровня баз данных. Методы индексирования и сжатия данных. Язык баз данных SQL. Средства управления и изменения схемы базы данных, определения ограничений целостности. Контроль доступа.

Информационно-поисковые системы. Классификация. Методы реализации и методы ускорения поиска.

Понятие о базах знаний, их использование в экспертных системах и системах логического вывода. Способы представления знаний.

Жизненный цикл программного обеспечения. Средства моделирования архитектуры программного обеспечения. Оценка качества программного обеспечения. Измерение и метрики. Классификации видов и уровней тестирования.

Вычислительная точность, погрешность и ошибки.

Экспериментальные методы измерения загруженности процессора и использования памяти.

## **6. 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.

Принципы организации и функционирования потоковых вычислителей и нейросетей. Понятие потоковой схемы программы.

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.

### ***Список рекомендуемой литературы***

1. Акимов О.Е. Дискретная математика: логика, группы, графы. — М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2001.
2. Андерсон Дж. Дискретная математика и комбинаторика. — М.: Вильямс, 2006.
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. Блейхут Р. Теория и практика кодов, контролирующих ошибки. — М.: Мир, 1986.
  7. Вендров А.М. Case-технологии. Современные методы и средства проектирования информационных систем. — М.: Финансы и статистика, 1998.
  8. Волкова И.А., Руденко Т.В. Формальные грамматики и языки. Элементы теории трансляции. — М.: МГУ, 1999.
  9. Гарсиа-Молина Г., Ульман Дж., Уидом Дж. Системы баз данных. Полный курс. — Вильямс, 2003.
  10. Дейт К. Дж. Введение в системы баз данных. — 8-е изд. — М.: Вильямс, 2005.
  11. Журавлёв Ю.И., Флёров Ю.А. Дискретный анализ. Ч.1: Учебное пособие. — М.: Изд-во МФТИ, 1999.
  12. Касьянов В.Н., Евстигнеев В.А. Графы в программировании: обработка, визуализация и применение. — СПб.: БХВ-Петербург, 2003.
  13. Коннолли Т., Бегг К. Базы данных. Проектирование, реализация и сопровождение. Теория и практика. — 3-е изд. — М.: Вильямс, 2003.
  14. Кормен Т.Х., Лейзерсон Ч.И., Ривест Р.Л., Штайн К. Алгоритмы: построение и анализ, 2-е издание. — М.: Вильямс, 2007.
  15. Кристофидес Н. Теория графов. Алгоритмический подход. — М.: Мир, 1978.
  16. Крупский В.Н. Введение в сложность вычислений. — М.: Факториал Пресс, 2006.
  17. Кузнецов О.П. Дискретная математика для инженера. — СПб.: Издательство «Лань», 2005
  18. Липский В. Комбинаторика для программиста. — М.: Мир, 1988
  19. Морелос-Сарагоса Р. Искусство помехоустойчивого кодирования. Методы, алгоритмы, применение. — М.: Техносфера, 2006.
  20. Новиков Ф.А. Дискретная математика для программистов. — СПб.: Питер, 2009.
  21. Пентус А.Е., Пентус Е.Р. Теория формальных языков. — М.: МГУ, 2004.
  22. Роберт У. Себеста. Основные концепции языков программирования. — 5-е изд. — М.: Вильямс, 2001.
  23. Роганов Е.А. Основы информатики и программирования. — М.: МГИУ, 2001.
  24. Романовский И.В. Дискретный анализ. — СПб.: Невский Диалект, 2008.
  25. Соммервилл И. Инженерия программного обеспечения. — 6-е изд. — М.: Вильямс, 2002
  26. Степанов А.Н. Архитектура вычислительных систем и компьютерных сетей. — СПб.: Питер, 2007.
  27. Таненбаум Э.С. Современные операционные системы. — 2-е изд. — СПб.: Питер, 2005.
  28. Таненбаум Э.С., Вудхалл А.С. Операционные системы. Разработка и реализация. — 3-е изд. — СПб.: Питер, 2007.
  29. Фатрелл Р.Т., Шафер Д.Ф., Шафер Л.И. Управление программными проектами: достижение оптимального качества при минимуме затрат. — М.: Вильямс, 2004.
  30. Хаггарт Р. Дискретная математика для программистов. — Техносфера, 2012.
  31. Харрингтон Дж. Проектирование объектно-ориентированных баз данных. — ДМК пресс, 2001.
  32. Харрингтон Дж. Проектирование реляционных баз данных. — Лори, 2006.
  33. Хопкрофт Дж., Мотвани Р., Ульман Дж. Введение в теорию автоматов, языков и вычислений. 2-е издание. — М.: Вильямс, 2008.
  34. Яблонский С.В. Введение в дискретную математику. — М.: Наука, 1979.