

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»
Вычислительной математики и кибернетики факультет

Академик РАН

УТВЕРЖДАЮ

/И.А. Соколов/

2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

**«Математическое и программное обеспечение вычислительных систем,
комплексов и компьютерных сетей»
«Mathematical and software of computers, complexes and computer
networks»**

**Программа (программы) подготовки
научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре
Математическое и программное обеспечение вычислительных систем,
комплексов и компьютерных сетей (102-01-00-235-фмн)**

Москва 2022

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с Приказом Ректора МГУ №1216 от 24 ноября 2021 года «Об утверждении Требований к основным программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре, самостоятельно устанавливаемых Московским государственным университетом имени М.В.Ломоносова»

1. Краткая аннотация:

Программа направлена на подготовку аспирантов к сдаче кандидатского экзамена по специальности «Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей», в том числе на изучение основных аспектов математических методов и средств проектирования, анализа функционирования и автоматизации управления сетями разных классов; методов и средств разработки встроенных информационно-вычислительных комплексов для управления сложными техническими объектами в реальном масштабе времени; алгоритмов, методов и средств организации, управления облачными вычислениями и балансировки нагрузки в неоднородных сетях центров обработки данных (ЦОД); методов и средств виртуализации сервисов для приложений в области Интернета Вещей (Internet of Things), обработки больших массивов данных (Big Data), передачи мультимедийного контента в реальном масштабе времени; методов оптимизации на основе неклассических методов вычислений (генетические алгоритмы, нейронные сети, алгоритмы с машинным обучением и т.п.) для проектирования распределенных вычислительных комплексов и сетей; алгоритмов синхронизации, методы и средства отказоустойчивого управления в сетях нового поколения; методов и средств разработки математического и программного обеспечения современных сетей; практическое применение и развитие методов верификации, надёжности и обеспечения качества программного обеспечения; методов и средств информационной безопасности в компьютерных сетях, а также на подготовку к сдаче экзамена.

2. Уровень высшего образования—подготовка кадров высшей квалификации.

3. Научная специальность: 2.3.5. «Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей»

4 Место дисциплины (модуля) в структуре Программы аспирантуры: Дисциплины (модули), направленные на подготовку к кандидатским экзаменам.

5. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах составляет 108 часов, из которых 6 часов составляет контактная работа аспиранта с преподавателем, 102 часа составляет самостоятельная работа.

6. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия: в специалитете на предыдущих уровнях высшего образования должны быть освоены общие курсы, соответствующие предыдущему уровню образования по специальностям программы.

7. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе								
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них						Самостоятельная работа обучающегося, часы из них		
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации	Всего	Выполнение домашних заданий	Подготовка к коллоквиумам	Всего
1. Математические основы программирования 1.1. Понятие алгоритма и его уточнения: машины Тьюринга, нормальные алгоритмы Маркова, рекурсивные функции. Эквивалентность данных формальных моделей алгоритмов. Понятие об алгоритмической неразрешимости. Примеры алгоритмически неразрешимых проблем. 1.2. Понятие сложности алгоритмов. Классы P и NP. Полиномиальная сводимость задач. Теорема Кука об NP-полноте задачи выполнимости булевой формулы. Примеры NP-полных задач,	20							20		20

подходы к их решению. Точные и приближённые комбинаторные алгоритмы. 1.3. Примеры эффективных (полиномиальных) алгоритмов: быстрые алгоритмы поиска и сортировки; полиномиальные алгоритмы для задач на графах и сетях (поиск в глубину и ширину, о минимальном остове, о кратчайшем пути, о назначениях). 1.4. Автоматы. Эксперименты с автоматами. Алгебры регулярных выражений. Теорема Клини о регулярных языках. 1.5. Алгебра логики. Булевы функции, канонические формы задания булевых функций. Понятие полной системы. Критерий полноты Поста. Минимизация булевых функций в классах нормальных форм. 1.6. Исчисление предикатов первого порядка. Понятие интерпретации. Выполнимость и общезначимость формулы первого порядка. Понятие модели. Теорема о полноте исчисления предикатов первого порядка. 1.7. Отношения и функции. Отношение эквивалентности и разбиения. Фактор множество. Отношения частичного порядка. Теоретико-множественное и алгебраическое определения решётки, их эквивалентность. Свойства решёток. Булевы решётки. Полные решётки.										
---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

1.8. Формальные языки и способы их описания. Классификация формальных грамматик. Их использование в лексическом и синтаксическом анализе. 1.9. λ-исчисление, правила редукции, единственность нормальной формы и правила ее достижения, представление рекурсивных функций. 1.10. Основы комбинаторного анализа. Метод производящих функций, метод включений и исключений. Примеры применения. 1.11. Коды с исправлением ошибок. Алфавитное кодирование. Методы сжатия информации. 1.12. Основы криптографии. Задачи обеспечения конфиденциальности и целостности информации. Теоретико-информационный и теоретико-сложностной подходы к определению криптографической стойкости. Американский стандарт шифрования DES и российский стандарт шифрования данных ГОСТ 28147-89. Системы шифрования с открытым ключом (RSA). Цифровая подпись. Методы генерации и распределения ключей.										
2. Вычислительные машины, системы и сети 2.1. Архитектура современных компьютеров. Организации памяти и	24					2	2	22		22

архитектура процессора современных вычислительных машин. Страничная и сегментная организация виртуальной памяти. Кэш-память. Командный и арифметический конвейеры, параллельное выполнение независимых команд, векторные команды. Специализированные процессоры. Организация ввода-вывода, каналы и процессоры ввода-вывода, устройства сопряжения с объектами. 2.2. Классификация вычислительных систем (ВС) по способу организации параллельной обработки. Многопроцессорные и многомашинные комплексы. Вычислительные кластеры. Проблемно-ориентированные параллельные структуры: матричные ВС, систолические структуры, нейросети. 2.3. Назначение, архитектура и принципы построения информационно - вычислительных сетей (ИВС). Локальные и глобальные ИВС, технические и программные средства объединения различных сетей. 2.4. Методы и средства передачи данных в ИВС, протоколы передачи данных. 2.5. Особенности архитектуры локальных сетей (Ethernet, TokenRing, FDDI). 2.6. Сеть Internet, доменная организация, семейство протоколов TCP/IP. Информационно-вычислительные сети и распределенная обработка информации.										
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

3. Языки и системы программирования. Технология разработки программного обеспечения 3.1. Процедурные языки программирования. Основные управляющие конструкции, структура программы. Работа с данными: переменные и константы, типы данных (Булевский, целочисленные, плавающие, символьные, типы диапазона и перечисления, указатели), структуры данных (массивы и записи). Процедуры (функции): вызов процедур, передача параметров (по ссылке, по значению, по результату), локализация переменных, побочные эффекты. Обработка исключительных ситуаций. Библиотеки процедур и их использование. 3.2. Объектно-ориентированное программирование. Классы и объекты, наследование, интерфейсы. Понятие об объектном окружении. Рефлексия. Библиотеки классов. Средства обработки объектов (контейнеры и итераторы). 3.3. Распределенное программирование. Процессы и их синхронизация. Семафоры, мониторы Хоара. Объектно-ориентированное распределенное программирование. CORBA. Параллельное программирование над общей памятью. Стандартный интерфейс OpenMP. Параллельное программирование над распределенной памятью. Стандартный интерфейс MPI.	21					1	1	20		20
--	----	--	--	--	--	---	---	----	--	----

Показатели качества параллельных программ: ускорение, эффективность реализации, эффективность распараллеливания, масштабируемость. Закон Амдала. 3.4. Основы построения трансляторов. Структура оптимизирующего транслятора. Промежуточные представления программы: последовательность символов, последовательность лексем, синтаксическое дерево, абстрактное синтаксическое дерево. Уровни промежуточного представления: высокий, средний, низкий. Формы промежуточного представления. 3.5. Анализ исходной программы в компиляторе. Автоматные (регулярные) грамматики и сканирование, контекстно-свободные грамматики и синтаксический анализ, организация таблицы символов программы, имеющей блочную структуру, хеш-функции. Нисходящие (LL(1)-грамматики) и восходящие (LR(1)-грамматики) методы синтаксического анализа. Атрибутные грамматики и семантические программы, построение абстрактного синтаксического дерева. Автоматическое построение лексических и синтаксических анализаторов по формальным описаниям грамматик. 3.6. Оптимизация программ при их компиляции. Оптимизация базовых блоков, чистка циклов. Анализ графов потока управления и потока данных.										
---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Отношение доминирования и его свойства, построение границы области доминирования вершины, выделение сильно связанных компонент графа. Построение графа зависимостей. Перевод программы в SSA-представление и обратно. Глобальная и межпроцедурная оптимизация. 3.7. Генерация объектного кода в компиляторах. Перенастраиваемые (retargetable) компиляторы, gcc (набор компиляторов Gnu). Переработка термов (termrewriting). Применение оптимизационных эвристик (целочисленное программирование, динамическое программирование) для автоматической генерации генераторов объектного кода (системы BEG, Iburg и др.). 3.8. Системы программирования, их типовые компоненты. Модульное программирование. Типы модулей. Связывание модулей по управлению и данным. 3.9. Технология разработки и сопровождения программ. Жизненный цикл программы. Этапы разработки, степень и пути их автоматизации. Обратная инженерия. Декомпозиционные и сборочные технологии, механизмы наследования, инкапсуляции, задания типов. Модули, взаимодействие между модулями, иерархические структуры программ.										
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

3.10. Отладка, тестирование, верификация и оценивание сложности программ. Генерация тестов. Системы генерации тестов. Срезы программ (slice, chop) и их применение при отладке программ и для генерации тестов. 3.11. Методы спецификации программ. Методы проверки спецификации. Схемное, структурное, визуальное программирование. Разработка пользовательского интерфейса, стандарт CUA, мультимедийные среды интерфейсного взаимодействия.										
4. Операционные системы 4.1. Режимы функционирования вычислительных систем, структура и функции операционных систем. Основные блоки и модули. Основные средства аппаратной поддержки функций ОС: система прерываний, защита памяти, механизмы преобразования адресов в системах виртуальной памяти, управление каналами и периферийными устройствами, 4.2. Виды процессов и управления ими в современных ОС. Представление процессов, их контексты, иерархии порождения, состояния и взаимодействие. Многозадачный (многопрограммный) режим работы. Средства взаимодействия процессов. Модель клиент-сервер и её реализация в современных ОС.	20							20		20

4.3. Параллельные процессы, схемы порождения и управления. Организация взаимодействия между параллельными и асинхронными процессами: обмен сообщениями, организация почтовых ящиков. Критические участки, примитивы взаимоисключения процессов, семафоры Дейкстры и их расширения. Проблема тупиков при асинхронном выполнении процессов, алгоритмы обнаружения и предотвращения тупиков. 4.4. Одноуровневые и многоуровневые дисциплины циклического обслуживания процессов на центральном процессоре, выбор кванта. 4.5. Управление доступом к данным. Файловая система, организация, распределение дисковой памяти. Управление обменом данными между дисковой и оперативной памятью. Рабочее множество страниц (сегментов) программы, алгоритмы его определения. 4.6. Оптимизация многозадачной работы компьютеров. Операционные системы Windows, Unix, Linux. Особенности организации, предоставляемые услуги пользовательского взаимодействия. 4.7. Операционные средства управления сетями. Эталонная модель взаимодействия открытых систем ISO/OSI. Маршрутизация и управление потоками данных в сети. Локальные и глобальные сети. Сетевые ОС, модель “клиент - сервер”, средства управления сетями в ОС										
---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

UNIX, Windows. Семейство протоколов TCP/IP, структура и типы IP – адресов, доменная адресация в Internet. Транспортные протоколы TCP, UDP. 4.8. Удаленный доступ к ресурсам сети. Организация электронной почты, телеконференций. Протоколы передачи файлов FTP и HTTP, язык разметки гипертекста HTML, разработка WEB-страниц, WWW-серверы.										
5. Методы хранения данных и доступа к ним, организация баз данных и знаний 5.1. Концепция типа данных. Абстрактные типы данных. Объекты (основные свойства и отличительные признаки). 5.2. Основные структуры данных, алгоритмы обработки и поиска. Сравнительная характеристика методов хранения и поиска данных. 5.3. Основные понятия реляционной и объектной моделей данных. 5.4. Теоретические основы реляционной модели данных (РДМ). Реляционная алгебра, реляционное исчисление. Функциональные зависимости и нормализация отношений. 5.5. CASE- средства и их использование при проектировании БД.	10							10		10

5.6. Организация и проектирование физического уровня БД. Методы индексирования. 5.7. Обобщенная архитектура, состав и функции системы управления базой данных (СУБД). Характеристика современных технологий БД. Примеры соответствующих СУБД. 5.8. Основные принципы управления транзакциями, журнализацией и восстановлением. 5.9. Язык баз данных SQL. Средства определения и изменения схемы БД, определения ограничений целостности. Контроль доступа. Средства манипулирования данными. 5.10. Стандарты языков SQL. Интерактивный, встроенный, динамический SQL. 5.11. Основные понятия технологии клиент-сервер. Характеристика SQL-сервера и клиента. Сетевое взаимодействие клиента и сервера. 5.12. Информационно-поисковые системы. Классификация. Методы реализации и ускорения поиска. 5.13. Методы представления знаний: процедурные представления, логические представления, семантические сети, фреймы, системы продукций. Интегрированные методы представления знаний. Языки представления знаний. Базы знаний.										
---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

5.14. Экспертные системы (ЭС). Области применения ЭС. Архитектура ЭС. Механизмы вывода, подсистемы объяснения, общения, приобретения знаний ЭС. Жизненный цикл экспертной системы. Примеры конкретных ЭС.										
6. Защита данных и программных систем 6.1. Аппаратные и программные методы защиты данных и программ. Защита данных и программ с помощью шифрования. 6.2. Защита от несанкционированного доступа в ОС Windows. Система безопасности и разграничения доступа к ресурсам в ОС Windows. Файловая система NTFS и сервисы ОС Windows. 6.3. Защита от несанкционированного копирования. Методы простановки не копируемых меток, настройка устанавливаемой программы на конкретный компьютер, настройка на конфигурацию оборудования. 6.4. Защита от разрушающих программных воздействий. Вредоносные программы и их классификация. Загрузочные и файловые вирусы, программы-закладки. Методы обнаружения и удаления вирусов, восстановления программного обеспечения.	10							10		10

6.5. Защита информации в вычислительных сетях на базе современных операционных систем.										
Промежуточная аттестация: допуск к кандидатскому экзамену	3					3	3			
Итого	108					6	6	102		102

8. Образовательные технологии.

Проводятся лекции-консультации с использованием мультимедийной техники.

9. Учебно-методические материалы для самостоятельной работы по дисциплине (модулю):

Аспирантам предоставляется программа курса, задания для самостоятельной работы, презентации.

10. Ресурсное обеспечение:

Основная литература.

1. Ахо А.В., Лам М.С., Сети Р., Ульман Д.Д. Компиляторы: Принципы, Технологии и Инструментарий. М.-СПб-Киев: Вильямс, 2008 г.
2. Введение в криптографию. Под ред. В.В. Ященко. Санкт-Петербург: МЦНМО, 2001 г.
3. Дейт К.Дж. Введение в системы баз данных. М.-СПб-Киев: Вильямс, 1999 г.
4. Дейтел Г. Введение в операционные системы. М.: Мир, 1987 г.
5. Кнут Д. Искусство программирования, т. 1 – 3. М.-СПб-Киев: Вильямс, 2000 г.
6. Воеводин В.В., Воеводин Вл.В. Параллельные вычисления. - СПб.: БХВ-Петербург, 2002. - 608 с.
7. Антонов А.С. Технологии параллельного программирования MPI и OpenMP: Учеб. пособие. Предисл.: В.А. Садовничий. - М.: Издательство Московского университета, 2012.-344 с.-(Серия «Суперкомпьютерное образование»).
8. Когаловский М.Р. Энциклопедия технологий баз данных. М.:Финансы и статистика, 2002 г.
9. Компьютерные сети. Учебный курс Microsoft Corporation, 1997.
10. Кормен Т., Лейзерсон Ч., Ривест Р. Алгоритмы, построение и анализ. М.: МЦНМО, 2000 г.
11. Котов В.Е., Сабельфельд В.К. Теория схем программ. М.:Наука, 1991 г.
12. Крейган. Архитектура процессов и ее реализация. М.:Мир, 2002 г.
13. Матфик С. Механизмы защиты в сетях ЭВМ. М.:Мир, 1993 г.
14. Мельников В.В. Защита информации в компьютерных системах. М.: Финансы и статистика, 1997 г.
15. Яблонский С.В. Введение в дискретную математику. М.: Наука, 2001 г.

Дополнительная литература:

1. Керниган Б., Пайк П. UNIX – универсальная среда программирования. М.: Финансы и статистика, 1992 г.
2. Корнеев В.В. Параллельные вычислительные системы. М.: Нолидж, 1999 г.
3. Королёв Л.Н. Структуры ЭВМ и их математическое обеспечение. М.: Наука, 1980 г.
4. Соломон Д., Русинович М. Внутреннее устройство Microsoft Windows 2000. СПб.: Питер, 2013 г.

11. Язык преподавания – русский

12. Автор программы

Авторский коллектив под руководством чл.-корр. РАН, профессора Воеводина Вл. В.

Фонды оценочных средств, необходимые для оценки результатов обучения

Допуск к сдаче кандидатского экзамена получают аспиранты, сдавшие свыше 65% тестовых контрольных работ.

Тестовые контрольные работы, основываются на вопросах кандидатского минимума по соответствующей специальности.