Министерство образования и науки РФ

Федеральное государственное автономное образовательное

учреждение высшего образования

«Сибирский федеральный университет»

Кафедра: «Бизнес-информатика»

**КУРСОВАЯ РАБОТА**

По дисциплине «Вычислительные системы, сети и телекоммуникации»

на тему:

«Вычислительные системы: классификация, архитектура, типовые структуры »

Преподаватель \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Чубаров А.В.

Студент (ка) УБ15-09 431510479 Жабина Е.И.

Красноярск

2016

Содержание

Введение………………………………………………………….….…...3

1. Теоретическая часть………………………………………….….…..4
   1. Вычислительные системы, сети и

телекоммуникации. Основные сведения……………………...........4

* + 1. Понятие системы и ее элементов………………….....…...4
    2. Понятие вычислительных сетей…………………......…...4

1.1.3.Основные цели, принципы создания ВС. Понятие

структуры ВС………………………………………………….....…...5

* 1. Классификация вычислительных сетей………………............5
     1. Детальный разбор классификаций………………......…..6
  2. Архитектура вычислительных систем……………......…….10
     1. Классификация архитектур М.Флинна……………........10
        1. Отличительные особенности каждой

архитектуры……………………………………………………...….11

# Архитектура фон Неймана………………………....…….13

1. Заключение……………………………………………………...…….16

**Введение**

Вычислительные системы, сети и телекоммуникации являются в современном обществе самыми востребованными ресурсами. Войдя в человеческую жизнь, компьютеры сейчас стали неотъемлемой частью нашей цивилизации. И хотя первая ЭВМ с автоматическим программным управлением была создана чуть более полувека назад, к настоящему моменту уже насчитывается пять поколений вычислительных машин. Столь бурного развития, вероятно, не претерпевала ни одна технология.

Цель работы: разобраться в классификации, архитектуре и типовых структурах вычислительных систем.

Для выполнения работы необходимо:

1. Разобраться в понятии вычислительных сетей;
2. Изучить классификации вычислительных сетей;
3. Изучить архитектуры вычислительных сетей.

Прошло немногим более 50 лет с момента появления первых электронных вычислительных машин - компьютеров. За это время сфера их применения охватила практически все области человеческой деятельности. Сегодня невозможно представить себе эффективную организацию работы без применения компьютеров в таких областях, как планирование и управление производством, проектирование и разработка сложных технических устройств, образование - словом, во всех областях, где возникает необходимость в обработке больших объемов информации. Однако наиболее важным по-прежнему остается использование их в том направлении, для которого они собственно и создавались, а именно, для решения больших задач, требующих выполнения громадных объемов вычислений. Такие задачи возникли в середине прошлого века в связи с развитием атомной энергетики, авиастроения, ракетно-космических технологий и ряда других областей науки и техники.

1. **Теоретическая часть**

**1.1.Вычислительные системы, сети и телекоммуникации. Основные сведения**

**1.1.1. Понятие системы и ее элементов**

**Система** (от греческого *systema —* целое, составленное из частей соединение) — это совокупность элементов, взаимодействующих друг с другом, образующих определенную целостность, единство. Приведем некоторые понятия, часто использующиеся для характеристики системы.

**1. Элемент системы** — часть системы, имеющая определенное функциональное назначение. Сложные элементы систем, в свою очередь состоящие из более простых взаимосвязанных элементов, часто называют подсистемами.

**2. Организация системы** — внутренняя упорядоченность, согласованность взаимодействия элементов системы, проявляющаяся, в частности, в ограничении разнообразия состояний элементов в рамках системы.

**3. Структура системы** — состав, порядок и принципы взаимодействия элементов системы, определяющие основные свойства системы. Если отдельные элементы системы разнесены по разным уровням и внутренние связи между элементами организованы только от вышестоящих к нижестоящим уровням и наоборот, то говорят об *иерархической структуре* системы. Чисто иерархические структуры встречаются практически редко, поэтому, несколько расширяя это понятие, под иерархической структурой обычно понимают и такие структуры, где среди прочих связей иерархические связи имеют главенствующее значение.

**4. Архитектура системы** — совокупность свойств системы, существенных для пользователя.

**5. Целостность системы** — принципиальная несводимость свойств системы к сумме свойств отдельных ее элементов (эмерджентность свойств) и, в то же время, зависимость свойств каждого элемента от его места и функции внутри

системы.

**1.1.2Понятие вычислительных сетей**

Компьютерные сети, называемые также «вычислительными сетями», или «сетями передачи данных», являются логическим результатом эволюции двух важнейших научно-технических отраслей современной цивилизации – компьютерных и телекоммуникационных технологий. С одной стороны, сети представляют собой частный случай распределенных вычислительных систем, в которых группа компьютеров согласованно выполняет набор взаимосвязанных задач, обмениваясь данными в автоматическом режиме. С другой – компьютерные сети могут рассматриваться как средство передачи информации на большие расстояния, для чего в них применяются методы кодирования и мультиплексирования данных, получившие развитие в различных телекоммуникационных системах.

Вычислительная система — это совокупность одного или нескольких компьютеров или процессоров, программного обеспечения и периферийного оборудования, организованная для совместного выполнения информационно-вычислительных процессов. В вычислительной системе компьютер может быть один, но агрегированный с многофункциональным периферийным оборудованием. Стоимость периферийного оборудования часто во много раз превосходит стоимость компьютера. В качестве распространенного примера одномашинной ВС можно привести *систему телеобработки информации.* Но все же классическим вариантом ВС является многомашинный и многопроцессорный варианты.

**1.1.3. Основные цели, принципы создания ВС. Понятие структуры ВС**

Создание ВС преследует следующие основные цели:

• повышение производительности системы за счет ускорения

процессов обработки данных;

• повышение надежности и достоверности вычислений;

• предоставление пользователям дополнительных сервисных

услуг.

Основные принципы построения, закладываемые при создании ВС:

• возможность работы в разных режимах;

• модульность структуры технических и программных средств

совершенствовать и модернизировать вычислительные системы без коренных их переделок;

• унификация и стандартизация технических и программных

решений;

• иерархия в организации управления процессами;

• способность систем к адаптации, самонастройке и самоорганизации;

• обеспечение необходимым сервисом пользователей при выполнении вычислений.

Структура ВС – это совокупность комплексируемых элементов и

их связей. В качестве элементов ВС выступают отдельные ЭВМ и

процессоры.

**1.2. Классификация вычислительных сетей**

Для того чтобы глубже разобраться в работе вычислительных систем, необходимо изучить их классификации.

Итак, вычислительные системы классифицируют по:

* целевому назначению и выполняемым функциям;
* типам строения;
* архитектуре системы;
* методам управления элементами системы
* степени разобщенности элементов ВС;
* назначению;
* типам ЭВМ и процессоров;
* принципу закрепления вычислительных функций;
* принципу действия
* размерам и вычислительной мощности;
* режимам работы.

**1.2.1. Детальный разбор классификаций**

**По назначению ВС** делят на универсальные и специализированные. Универсальные ВС предназначены для решения самых различных задач. Специализированные системы ориентированы на решение узкого класса задач.

**По типу строения** вычислительные системы можно разделить на одномашинные, многомашинные и многопроцессорные.

В эпоху централизованного использования ЭВМ с пакетной обработкой информации пользователи предпочитали приобретать компьютеры, на которых можно было бы решать почти все классы их задач. Однако принцип централизованной обработки данных не отвечал всем требованиям к надежности процесса обработки, затруднял развитие систем и не мог обеспечить необходимые временные параметры при диалоговой обработке данных в многопользовательском режиме. Кратковременный выход из строя центральной ЭВМ приводит к негативным последствиям, так как приходится дублировать функции центральной ЭВМ.

**По методам управления элементами** различают централизованные, децентрализованные и со смешанным управлением.

В **централизованных ВС** за управление отвечает главная или диспетчерская ЭВМ (процессор). Ее задачей является распределение нагрузки между элементами, выделение ресурсов, контроль состояния ресурсов, координация взаимодействия. Централизованный орган управления в системе может быть жестко фиксирован или эти функции могут передаваться другой ЭВМ (процессору), что способствует повышению надежности системы. Централизованные системы имеют более простые ОС.  
 В **децентрализованных системах** функции управления распределены между ее элементами. Каждая ЭВМ (процессор) системы сохраняет известную автономию, а необходимое взаимодействие между элементами устанавливается по специальным наборам сигналов. С развитием ВС и, в частности, сетей ЭВМ, интерес к децентрализованным системам постоянно растет.  
 В **системах со смешанным управлением** совмещаются процедуры централизованного и децентрализованного управления. Перераспределение функций осуществляется в ходе вычислительного процесса, исходя из сложившейся ситуации.

**По степени разобщенности элементов** ВС делятся на системы:

* территориально-сосредоточенные ─ это когда все компоненты располагаются в непосредственной близости друг от друга;
* распределенные ─ когда компоненты могут располагаться на значительном расстоянии, например, вычислительные сети;
* структурно-одноуровневые ─ когда имеется лишь один общий уровень подготовки данных;
* многоуровневые (иерархические) структуры ─ когда в иерархических ВС машины или процессоры распределены по разным уровням обработки информации, некоторые машины (процессоры) могут специализироваться на определенных функциях.

**По назначению** ВС делятся на универсальные, проблемно-ориентированные, специализированные.

**Универсальные компьютеры** предназначены для решения самых различных ин­женерно-технических, экономических, математических, информационных и т. д. задач, отличающихся сложностью алгоритмов и большим объемом обрабатывае­мых данных. Они широко используются в вычислительных центрах коллективно­го пользования и других мощных вычислительных комплексах.

Характерными чертами универсальных компьютеров являются:

* высокая производительность;
* разнообразие форм обрабатываемых данных: двоичных, десятичных, символьных, при большом диапазоне их изменения и высокой точности их представления;
* обширная номенклатура выполняемых операций, как арифметических, логи­ческих, так и специальных;
* большая емкость оперативной памяти;
* развитая организация системы ввода-вывода информации, обеспечивающая подключение разнообразных видов внешних устройств.

**Проблемно-ориентированные компьютеры** предназначены для решения более узкого круга задач, связанных, как правило, с управлением технологическими объектами, регистрацией, накоплением и обработкой относительно небольших объемов данных; выполнением расчетов по сравнительно несложным алгоритмам; они обладают ограниченными, по сравнению с универсальными компьютерами, аппаратными и программными ресурсами.

**Специализированные компьютеры** предназначены для решения определенного узкого круга задач или реализации строго определенной группы функций. Такая узкая ориентация компьютеров позволяет четко специализировать их структуру, существенно снизить их сложность и стоимость при сохранении высокой произ­водительности и надежности их работы.

К специализированным компьютерам можно отнести, например, программируе­мые микропроцессоры специального назначения, адаптеры и контроллеры, выпол­няющие логические функции управления отдельными несложными технически­ми устройствами, агрегатами и процессами, устройства согласования и сопряжения работы узлов вычислительных систем.

**По типу ЭВМ или процессоров**, используемых для построения ВС, различают:

* однородные системы;
* неоднородные системы.

**Однородная ВС** строится на базе однотипных компьютеров или процессоров. Однородные системы позволяют использовать стандартные наборы технических, программных средств, стандартные протоколы (процедуры) сопряжения устройств. Поэтому их организация значительно проще, облегчается обслуживание систем и их модернизация.  
  
**Неоднородная ВС** включает в свой состав различные типы компьютеров или процессоров. При построении системы приходится учитывать их различные технические и функциональные характеристики, что существенно усложняет создание и обслуживание неоднородных систем.

**По принципу закрепления вычислительных функций за отдельным ЭВМ (процессорами)** ВС различают системы с жестким закреплением функций и плавающим закреплением функций.  В зависимости от типа ВС следует решать задачи статического или динамического размещения программных модулей и массивов данных, обеспечивая необходимую гибкость системы и надежность ее функционирования.

**По принципу действия**вычислительные машины делятся на три больших класса аналоговые, цифровые и гибридные.

Вычислительные машины

АВМ

ГВМ

ЦВМ

Рис.1 ─ Классы ВС по принципу действия

ЦВМ (цифровые вычислительные машины) — это вычислительные машины дискретного действия, работающие с информацией, представленной в дискретной, а точнее, в цифровой форме.

АВМ (аналоговые вычислительные машины) — это вычислительные машины непрерывного действия, работающие с информацией, представленной в непрерывной (аналоговой) форме, то есть в виде непрерывного ряда значений какой-либо физической величины (чаще всего электрического напряжения).

ГВМ( гибридные вычислительные машины) — вычислительные машины комбинированного действия, работающие с информацией, представленной и в цифровой, и в аналоговой форме; они совмещают в себе достоинства АВМ и ЦВМ. ГВМ целесообразно использовать для решения задач управления сложными быстродействующими техническими комплексами.

**По размерам и вычислительной мощности** ВС можно разделить на сверхбольшие (суперкомпьютеры, суперЭВМ), большие, малые и сверхмалые (микрокомпьютеры, микроЭВМ).

Функциональные возможности компьютеров обусловлены такими важнейшими технико-эксплуатационными характеристиками, как:

* быстродействие, измеряемое усредненным количеством операций, выполняемых машиной за единицу времени;
* разрядность и формы представления чисел, которыми оперирует компьютер;
* номенклатура, емкость и быстродействие всех запоминающих устройств;
* номенклатура и технико-экономические характеристики внешних устройств хранения, обмена и ввода-вывода информации;
* типы и пропускная способность устройств связи и сопряжения узлов компьютера между собой (тип внутримашинного интерфейса);
* способность компьютера одновременно работать с несколькими пользователями и выполнять параллельно несколько программ (многозадачность);
* типы и технико-эксплуатационные характеристики операционных систем, используемых в машине;
* наличие и функциональные возможности программного обеспечения;
* способность выполнять программы, написанные для других типов компьютеров (программная совместимость с другими типами компьютеров);
* система и структура машинных команд;
* возможность подключения к каналам связи и к вычислительной сети;
* эксплуатационная надежность компьютера;
* коэффициент полезного использования компьютера во времени, определяемый соотношением времени полезной работы и времени профилактики.

**По режимам работы ВС** различают системы, работающие в оперативном и неоперативном временных режимах. Первые, как правило, используют режим реального масштаба времени.

Принцип их взаимодействия определяется архитектурой ВС.

**1.3. Архитектура вычислительных систем**

Большое разнообразие структур ВС затрудняет их изучение. Поэтому вычислительные системы классифицируют с учетом их обобщенных характеристик. С этой целью вводится понятие «архитектура системы».

***Архитектура ВС*** — совокупность характеристик и параметров, определяющих функционально-логическую и структурную организацию системы. Понятие архитектуры охватывает общие принцип построения и функционирования, наиболее существенные для пользователей, которых больше интересуют возможности систем, а не детали их технического исполнения. Поскольку ВС появились как параллельные системы, то и рассмотрим классификацию архитектур под этой точкой зрения.

**1.3.1. Классификация архитектур М.Флинна**

Эта классификация архитектур была предложена М. Флинном в начале 60-х гг. В ее основу заложено два возможных вид параллелизма: ***независимость потоков заданий (команд),*** существующих в системе, и ***независимость (несвязанность) данных,*** обрабатываемых в каждом потоке. Классификация до настоящего времени еще не потеряла своего значения. Однако подчеркнем, что, как и любая классификация, она носит временный и условный характер. Своим долголетием она обязана тому, что оказалась справедливой для ВС, в которых ЭВМ и процессоры реализуют программные последовательные методы вычислений. С появлением систем, ориентированных на потоки данных и использование ассоциативной обработки, данная классификация может быть некорректной.

Согласно этой классификации существует четыре основных архитектуры ВС:

* одиночный поток команд — одиночный поток данных (ОКОД), в английском варианте — Single Instruction Single Data (SISD) — одиночный поток инструкций — одиночный поток данных;
* одиночный поток команд — множественный поток данных (ОКМД), или Single Instruction Multiple Data (SIMD) — одиночный поток инструкций — одиночный поток данных;
* множественный поток команд — одиночный поток данных (МКОД), или Multiple Instruction Single Data (MISD) — множественный поток инструкций — одиночный поток данных;
* множественный поток команд — множественный поток данных (МКМД), или Multiple Instruction Multiple Data (MIMD) — множественный поток инструкций — множественный поток данных (MIMD).

**1.3.1.1. Отличительные особенности каждой архитектуры**

Для того, чтобы глубже разобраться, коротко рассмотрим отличительные особенности каждой из архитектур.

**Архитектура ОКОД**охватывает все однопроцессорные и одномашинные варианты систем, т.е. с одним вычислителем. Все ЭВМ классической структуры попадают в этот класс. Здесь параллелизм вычислений обеспечивается путем совмещения выполнения операций отдельными блоками АЛУ, а также параллельной работы устройств ввода-вывода информации и процессора. Закономерности организации вычислительного процесса в этих структурах достаточно хорошо изучены.

**Архитектура ОКМД**предполагает создание структур векторной или матричной обработки. Системы этого типа обычно строятся как однородные, т.е. процессорные, элементы, входящие в систему, идентичны, и все они управляются одной и той же последовательностью команд. Однако каждый процессор обрабатывает свой поток данных. Под эту схему хорошо подходят задачи обработки матриц или векторов (массивов), задачи решения систем линейных и нелинейных, алгебраических и дифференциальных уравнений, задачи теории поля и др. В структурах данной архитектуры желательно обеспечивать соединения между процессорами, соответствующие реализуемым математическим зависимостям. Как правило, эти связи напоминают матрицу, в которой каждый процессорный элемент связан с соседними.

По этой схеме строились системы: первая суперЭВМ — ILLIACIV, отечественные параллельные системы — ПС-2000, ПС-3000. Идея векторной обработки широко использовалась в таких известных суперЭВМ, как СуЬег-205 и Gray-I, II, III. Узким местом подобных систем является необходимость изменения коммутации между процессорами, когда связь между ними отличается от матричной. Кроме того, задачи, допускающие широкий матричный параллелизм, составляют достаточно узкий класс задач. Структуры ВС этого типа, по существу, являются структурами специализированных суперЭВМ.

**Третий тип архитектуры МКОД**предполагает построение своеобразного процессорного конвейера, в котором результаты обработки передаются от одного процессора к другому по цепочке. Выгоды такого вида обработки понятны. Прототипом таких вычислений может служить схема любого производственного конвейера. В современных ЭВМ по этому принципу реализована схема совмещения операций, в которой параллельно работают различные функциональные блоки, и каждый из них делает свою часть в общем цикле обработки команды.

В ВС этого типа конвейер должны образовывать группы процессоров. Однако при переходе на системный уровень очень трудно выявить подобный регулярный характер в универсальных вычислениях. Кроме того, на практике нельзя обеспечить и «большую длину» такого конвейера, при которой достигается наивысший эффект. Вместе с тем конвейерная схема нашла применение в так называемых скалярных процессорах суперЭВМ, в которых они применяются как специальные процессоры для поддержки векторной обработки.

**Архитектура МКМД**предполагает, что все процессоры системы работают по своим программам с собственным потоком команд. В простейшем случае они могут быть автономны и независимы. Такая схема использования ВС часто применяется на многих крупных вычислительных центрах для увеличения пропускной способности центра. Больший интерес представляет возможность согласованной работы ЭВМ (процессоров), когда каждый элемент делает часть общей задачи. Общая теоретическая база такого вида работ практически отсутствует. Но можно привести примеры большой эффективности этой модели вычислений. Подобные системы могут быть многомашинными и многопроцессорными. Например, отечественный проект машины динамической архитектуры (МДА) — ЕС-2704, ЕС-2727 — позволял одновременно использовать сотни процессоров.

# 1.3.2. Архитектура фон Неймана

Большинство современных процессоров для персональных компьютеров в общем основаны на той или иной версии циклического процесса последовательной обработки информации, изобретённого Джоном фон Нейманом.

Д. фон Нейман придумал схему постройки компьютера в 1946 году.

ПАМЯТЬ

**УСТРОЙСТВО УПРАВЛЕНИЯ**

**АРИФМЕТИКО-ЛОГИЧЕСКОЕ УСТРЙСТВО**

АККУМУЛЯТОР

**ВВОД**

**ВЫВОДДДДД**

Рис.2 ─ Схема постройки компьютера

**Архитектура фон Неймана** — широко известный принцип совместного хранения программ и данных в памяти компьютера. Вычислительные системы такого рода часто обозначают термином «Машина фон Неймана», однако, соответствие этих понятий не всегда однозначно. В общем случае, когда говорят об архитектуре фон Неймана (нем.*von Neumann*), подразумевают физическое отделение процессорного модуля от устройств хранения программ и данных.

Наличие жёстко заданного набора исполняемых команд и программ было характерной чертой первых компьютерных систем. Сегодня подобный дизайн применяют с целью упрощения конструкции вычислительного устройства. Так, настольные калькуляторы, в принципе, являются устройствами с фиксированным набором выполняемых программ. Их можно использовать для математических расчётов, но невозможно применить для обработки текста и компьютерных игр, для просмотра графических изображений или видео. Изменение встроенной программы для такого рода устройств требует практически полной их переделки, и в большинстве случаев невозможно. Впрочем, перепрограммирование ранних компьютерных систем всё-таки выполнялось, однако требовало огромного объёма ручной работы по подготовке новой документации, перекоммутации и перестройки блоков и устройств и т. п.

Всё изменила идея хранения компьютерных программ в общей памяти. Ко времени её появления использование архитектур, основанных на наборах исполняемых инструкций и представление вычислительного процесса, как процесса выполнения инструкций, записанных в программе, чрезвычайно увеличило гибкость вычислительных систем в плане обработки данных. Один и тот же подход к расмотрению данных и инструкций сделал лёгкой задачу изменения самих программ.

Отличительной особенностью архитектуры фон Неймана является то, что инструкции и данные хранятся в одной и той же памяти.  
Этапы цикла выполнения:

* Процессор выставляет число, хранящееся в регистре счётчика команд, на шину адреса, и отдаёт памяти команду чтения;
* Выставленное число является для памяти адресом; память, получив адрес и команду чтения, выставляет содержимое, хранящееся по этому адресу, на шину данных, и сообщает о готовности;
* Процессор получает число с шины данных, интерпретирует его как команду (машинную инструкцию) из своей системы команд и исполняет её;
* Если последняя команда не является командой перехода, процессор увеличивает на единицу (в предположении, что длина каждой команды равна единице) число, хранящееся в счётчике команд; в результате там образуется адрес следующей команды;
* Снова выполняется п. 1.

Данный цикл выполняется неизменно, и именно он называется *процессом* (откуда и произошло название устройства).

Во время процесса процессор считывает последовательность команд, содержащихся в памяти, и исполняет их. Такая последовательность команд называется программой и представляет алгоритм полезной работы процессора. Очерёдность считывания команд изменяется в случае, если процессор считывает команду перехода — тогда адрес следующей команды может оказаться другим. Другим примером изменения процесса может служить случай получения команды останова или переключение в режим обработки аппаратного прерывания.

Команды центрального процессора являются самым нижним уровнем управления компьютером, поэтому выполнение каждой команды неизбежно и безусловно. Не производится никакой проверки на допустимость выполняемых действий, в частности, не проверяется возможная потеря ценных данных. Чтобы компьютер выполнял только допустимые действия, команды должны быть соответствующим образом организованы в виде необходимой программы.  
Скорость перехода от одного этапа цикла к другому определяется тактовым генератором. Тактовый генератор вырабатывает импульсы, служащие ритмом для центрального процессора. Частота тактовых импульсов называется тактовой частотой.

Тактовая частота - величина, характеризующая количество операций, выполняемых процессором за единицу времени. Под выполнением операции подразумевают обработку одного логического 0 или единицы. Тактовая частота процессора зависит не только от его собственной частоты, а и от размера/частоты кэш памяти, ширины шины и архитектуры компьютера. Многие современные процессоры поддаются "разгону", т.е. увеличению частоты процессора программными или физическими средствами. Способность выполнения нескольких машинных инструкций за один такт процессора привело к существенному увеличению производительности.

**Заключение**

В данной курсовой работе были рассмотрены классификации, архитектуры и типовые структуры вычислительных систем. Так же были выполнены все задачи, которые были поставлены в работе, а именно:

1. Разобраться в понятии вычислительных сетей;
2. Изучить классификации вычислительных сетей;
3. Изучить архитектуры вычислительных сетей.

Стоит отметить, что данная тема была нами изучена также на лекционных занятиях. Изучение данной темы является ключевым аспектом для получения навыков и профессиональных компетенций касательно своей будущей специальности, потому что все, что рассмотрено в этой работе является базой для дальнейшего изучения.

**Список использованных источников**

1. Бройдо В.Л. Вычислительные системы, сети и телекоммуникации. 2-е издание, 2004.
2. Чекмарев Ю.В. Вычислительные системы, сети и телекоммуникации. Учебное пособие. 2009
3. Пятибратов А.П., Гудыно Л.П., Кириченко А.А. Вычислительные системы, сети и телекоммуникации.
4. Информатика и программирование. Учебное пособие. СФУ, 2014.