МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное**

**образовательное учреждение высшего образования**

**«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского»**

|  |
| --- |
| Институт информационных технологий, математики и механики |

|  |
| --- |
| УТВЕРЖДАЮ: |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Директор |  | В.П. Гергель |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| « |  | » |  |  | 2017 г. |

**Рабочая программа дисциплины**

|  |
| --- |
| Архитектура компьютеров |

Уровень высшего образования

|  |
| --- |
| **Бакалавриат** |

Направление подготовки

|  |
| --- |
| **01.03.02 Прикладная математика и информатика** |

Направленность образовательной программы

|  |
| --- |
| **Прикладная математика и информатика (общий профиль)** |

Квалификация

|  |
| --- |
| **Бакалавр** |

Форма обучения

|  |
| --- |
| **очная** |

Нижний Новгород

2017

**1. Место и цели дисциплины в структуре ОПОП**

**Место дисциплины в структуре ОПОП**

Дисциплина (Б1.Б.11) «Архитектура компьютеров» относится к базовой части ОПОП бакалавриата по направлению подготовки «Прикладная математика и информатика». Обязательна для освоения во 2 семестре первого года обучения.

**Цель освоения дисциплины**

Освоение дисциплины «Архитектура компьютеров» преследует следующие цели:

– изучение принципов структурной и функциональной организации современных вычислительных систем;

– изучение базовых методов и алгоритмов, реализованных в различных компонентах вычислительной системы;

– формирование у слушателей целостного представления о ходе вычислительного процесса;

– получение навыков работы с программным кодом на языке уровня ассемблера.

1. **Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)**

|  |  |
| --- | --- |
| **Формируемые компетенции** | **Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций** |
| *Способность использовать основы философских знаний для формирования мировоззренческой позиции (ОК-1)**(Начальный этап)* | *УМЕТЬ**У1 (ОК-1) воспринимать, обобщать и анализировать информацию;**У2 (ОК-1) логически верно, аргументированно и ясно строить устную и письменную речь;**ВЛАДЕТЬ**В1 (ОК-1) способностью уточнить, переспросить, задать вопрос на профессиональную тему;**В2 (ОК-1) навыками работы с литературой и другими дополнительными материалами.* |
| *Способность работать в составе научно-исследовательского и производственного коллектива и решать задачи профессиональной деятельности (ПК-4)**(Начальный этап)* | *ЗНАТЬ**З1 (ПК-4) уровни абстракции вычислительной системы;**З2 (ПК-4) архитектуру современных ЭВМ;**З3 (ПК-4) архитектуру системы команд;**З4 (ПК-4) микроархитектуру центрального процессора;**З5 (ПК-4) архитектуру системы памяти;**З6 (ПК-4) архитектуру подсистемы ввода-вывода;**З7 (ПК-4) методы, используемые при коллективном решении задач, связанных с анализом производительности.**УМЕТЬ**У1 (ПК-4) анализировать код программы на языке ассемблера;**У2 (ПК-4) выявлять возможные причины низкой производительности программ;**У3 (ПК-4) коллективно обсуждать возможные подходы к решению задач, связанных с анализом и повышением производительности.**ВЛАДЕТЬ**В1 (ПК-4) навыками работы с кодом на языке ассемблера и эффективного использования возможностей вычислительной системы при программировании на языках высокого уровня;**В2 (ПК-4) навыками обсуждения и анализа деталей выполнения программного кода при работе в группе.* |

1. **Структура и содержание дисциплины «Архитектура компьютеров»**

Объем дисциплины составляет 2 зачетные единицы, всего 72 часа, из которых 48 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем:

 48 часов занятий лекционного типа;

24 часа на самостоятельную работу обучающегося.

Содержание дисциплины

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **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** |
| **Занятия лекционного типа** | **Занятия семинарского типа** | **Занятия лабораторного типа** |  | **Всего** |
| Очная | Очно-заочная | Заочная | Очная | Очно-заочная | Заочная | Очная | Очно-заочная | Заочная | Очная | Очно-заочная | Заочная |  |  |  | Очная | Очно-заочная | Заочная | Очная | Очно-заочная | Заочная |
| Основные понятия и определения.Уровни абстракции электронной вычислительной системы. Фон-Неймановская модель компьютера. Этапы обработки инструкций в ЦП. Микрооперации. Метрики производительности и их применимость. Уравнение производительности ЦП. Закон Амдала. | 14 |  |  | 6 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 6 |  |  | 8 |  |  |
| Архитектура системы команд.Программируемые места хранения. Режимы адресации. Типы инструкций. Кодирование инструкций. CISC и RISC. | 12 |  |  | 10 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 10 |  |  | 2 |  |  |
| Однопортовый упорядоченный конвейер команд.Принцип конвейерной обработки инструкций. Пример конвейера. Производительность CPU c конвейером. Структурные конфликты. Конфликты данных, их классификация. Пересылка данных (Forwarding). Статическое планирование инструкций. Конфликты управления. Статические методы обработки условных переходов. Статическое предсказание переходов. Расширение конвейера для обработки вещественных операций. | 12 |  |  | 10 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 10 |  |  | 2 |  |  |
| Параллелизм уровня инструкций (ILP).Базовый блок инструкций. Статическая оптимизация с разворачиванием циклов. Зависимости между инструкциями по данным, по именам, по управлению. Граф зависимостей. | 6 |  |  | 4 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 4 |  |  | 2 |  |  |
| Динамическое планирование.Принципы реализации динамического планирования. Использование табло, его структура и контролируемые параметры. Алгоритм Томасуло, особенности конвейера, его использующего. | 6 |  |  | 4 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 4 |  |  | 2 |  |  |
| Дополнительные свойства ЦП.Суперскалярность. Динамическое планирование при суперскалярности. (Очень) длинное командное слово (V)LIW. Векторные расширения. Масштабируемость и перспективы подходов. | 6 |  |  | 4 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 4 |  |  | 2 |  |  |
| Динамическое предсказание ветвлений.Буфер целей переходов. Буфер предсказания ветвлений. Алгоритм Смита. Двухуровневый механизм динамического предсказания ветвлений с учетом корреляции. Схема MCFarling’а gshare. Гибридные предсказатели. | 4 |  |  | 2 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 2 |  |  | 2 |  |  |
| Архитектура памяти.Уровни иерархии памяти. Кеширование. Принцип локальности. Кэш прямого отображения. Проецирующая функция. Наборно-ассоциативный кэш. Полностью ассоциативный кэш. Политика замещения в кэше. Уменьшение кэш-промахов. Стратегии записи в кэш. Обеспечение когерентности кэш памяти в многопроцессорных системах. | 8 |  |  | 6 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 6 |  |  | 2 |  |  |
| Архитектура системы ввода-вывода.Отображение устройств ввода-вывода в память. Последовательный ввод-вывод. Исключения и прерывания. Характеристики исключений. Обработка исключений. Точные исключения. Аналоговый ввод-вывод. | 4 |  |  | 2 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 2 |  |  | 2 |  |  |
| **В т.ч. текущий контроль** | 2 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **Промежуточная аттестация - Зачет** |

1. **Образовательные технологии**

При обучении данной дисциплине используются следующие формы занятий: лекционные и самостоятельная работа (может проводятся в терминал-классе).

Лекции читаются для нескольких групп (потока обучения) одновременно. Лекционное время используется для изучения архитектуры вычислительной системы в целом и отдельных ее компонент, основных концепций и алгоритмов, лежащих в основе функционирования различных подсистем.

В практических заданиях для самостоятельной работы основное внимание уделяется развитию у студентов навыков анализа кода, в том числе на уровне языка ассемблера.

1. **Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**
	1. **Виды самостоятельной работы студентов**

Предполагаются следующие виды самостоятельной работы студентов:

– Изучение учебной литературы (см. перечень образовательных материалов).

– Решение учебных практических задач.

* 1. **Образовательные материалы для самостоятельной работы студентов**
* А.В. Кудин, А.В. Линёв. Архитектура и операционные системы параллельных вычислительных систем. Нижний Новгород, 2007.
http://www.unn.ru/books/resources.html
* С.Бастраков, В.Гергель, А.Горшков, Е.Козинов, А.Линев, И.Мееров, А.Сиднев, А.Сысоев. Введение в принципы функционирования и применения современных мультиядерных архитектур (на примере Intel Xeon Phi). http://www.intuit.ru/studies/courses/10611/1095/info
* В.Гуров, В.Чуканов. Архитектура и организация ЭВМ. http://www.intuit.ru/studies/courses/60/60/info
* В.Гуров. Архитектура микропроцессоров. http://www.intuit.ru/studies/courses/604/460/info
* Д.Северов. Архитектура ЭВМ и язык ассемблера. http://www.intuit.ru/studies/courses/535/391/info
1. **Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине**, включающий:
	1. Перечень компетенций выпускников образовательной программы с указанием результатов обучения (знаний, умений, владений), характеризующих этапы их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования

*Оценка уровня формирования компетенции (ПК-4)*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Индикаторы компетенции | Критерии оценивания (дескрипторы) | Шкала оценивания |
| ***ЗНАТЬ****З1 (ПК-4) уровни абстракции вычислительной системы;**З2 (ПК-4) архитектуру современных ЭВМ;**З3 (ПК-4) архитектуру системы команд;**З4 (ПК-4) микроархитектуру центрального процессора;**З5 (ПК-4) архитектуру системы памяти;**З6 (ПК-4) архитектуру подсистемы ввода-вывода;**З7 (ПК-4) методы, используемые при коллективном решении задач, связанных с анализом производительности.****УМЕТЬ****У1 (ПК-4) анализировать код программы на языке ассемблера;**У2 (ПК-4) выявлять возможные причины низкой производительности программ;**У3 (ПК-4) коллективно обсуждать возможные подходы к решению задач, связанных с анализом и повышением производительности.****ВЛАДЕТЬ****В1 (ПК-4) навыками работы с кодом на языке ассемблера и эффективного использования возможностей вычислительной системы при программировании на языках высокого уровня;**В2 (ПК-4) навыками обсуждения и анализа деталей выполнения программного кода при работе в группе.* | Отсутствие знаний материала, отсутствие способности решения стандартных задач, полное отсутствие навыков, предусмотренных компетенцией. | Плохой уровеньформирования компетенции.«Плохо». |
| Наличие грубых ошибок в основном материале, наличие грубых ошибок при решении стандартных задач, отсутствие навыков, предусмотренных данной компетенцией | Неудовлетворительный уровень формирования компетенции.«Неудовлетворительно». |
| **Знать** некоторые основные понятия, изучаемые в рамках дисциплины (З1–З7). **Уметь** У1, У2, У3 с погрешностями. **Владеть** некоторыми основными навыками, демонстрируя их в стандартных ситуациях. | Удовлетворительный уровень формирования компетенции.«Удовлетворительно». |
| **Знать** большинство основных понятий, изучаемых в рамках дисциплины (З1–З7).**Уметь** У1-У3 с незначительными погрешностями. **Владеть** основными навыками, демонстрируя их в стандартных ситуациях | Хороший уровеньформирования компетенции.«Хорошо». |
| **Знать** основные понятия, изучаемые в рамках дисциплины (З1–З7). **Уметь** У1-У3 с незначительными погрешностями. **Владеть** всеми основными навыками, демонстрируя их в стандартных ситуациях, в том числе при решении дополнительных задач. | Очень хороший уровеньформирования компетенции.«Очень хорошо». |
| **Знать** основной материал, предусмотренный компетенцией, без ошибок и погрешностей. **Уметь** У1-У3 в полном объеме. **Владеть** всеми навыками, демонстрируя их не только в стандартных ситуациях, но и при решении нестандартных задач. | Отличный уровеньформирования компетенции.«Отлично». |
| **Знать** основной и дополнительный материал, предусмотренный компетенцией, без ошибок и погрешностей. **Уметь** У1-У3 в полном объеме. **Владеть** всеми навыками, демонстрируя их не только в стандартных ситуациях, но и при решении нестандартных задач. | Превосходный уровеньформирования компетенции.«Превосходно». |

*Оценка уровня формирования компетенции (ОК-1)*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Индикаторы компетенции | Критерии оценивания (дескрипторы) | Шкала оценивания |
| ***УМЕТЬ****У1 (ОК-1) воспринимать, обобщать и анализировать информацию;**У2 (ОК-1) логически верно, аргументированно и ясно строить устную и письменную речь;****ВЛАДЕТЬ****В1 (ОК-1) способностью уточнить, переспросить, задать вопрос на профессиональную тему;**В2 (ОК-1) навыками работы с литературой и другими дополнительными материалами.* | Соответствующие личностные качества не сформированы. | Плохой уровеньформирования компетенции.«Плохо». |
| Уровень формирования личностных качеств недостаточен для достижения основных целей обучения. | Неудовлетворительный уровень формирования компетенции.«Неудовлетворительно». |
| Личностные качества сформированы на уровне, минимально необходимом для достижения основных целей обучения. | Удовлетворительный уровень формирования компетенции.«Удовлетворительно». |
| Личностные качества в целом сформированы. | Хороший уровеньформирования компетенции.«Хорошо». |
| Уровень формирования личностных качеств достаточен для достижения основных целей обучения. | Очень хороший уровеньформирования компетенции.«Очень хорошо». |
| Личностные качества сформированы на высоком уровне. | Отличный уровеньформирования компетенции.«Отлично». |
| Уровень формирования личностных качеств выше обязательных требований. | Превосходный уровеньформирования компетенции.«Превосходно». |

**Карта компетенций для оценивания умений и навыков**

|  |  |
| --- | --- |
| Индикаторыкомпетенции | Критерии оценивания (дескрипторы) |
| «плохо» | «неудовлетворительно» | «удовлетворительно» | «хорошо» | «очень хорошо» | «отлично» | «превосходно» |
|  | Не зачтено | Зачтено |
| УменияУ1(ОК-1),У2(ОК-1),У1(ПК-4),У2(ПК-4),У3(ПК-4) | Отсутствует способность решения стандартных задач | Наличие грубых ошибок при решении стандартных задач | Способность решения основных стандартных задач с негрубыми ошибками | Способность решения всех стандартных задач с незначительными погрешностями | Способность решения всех стандартных задач без ошибок и погрешностей | Способность решения стандартных и некоторых нестандартных задач | Способность решения стандартных задач и широкого круга нестандартных задач |
| НавыкиВ1(ОК-1),В2(ОК-1), В1(ПК-4),В2(ПК-4) | Полное отсутствие навыков, предусмотренных компетенцией | Отсутствие ряда важнейших навыков, предусмотренных данной компетенцией | Наличие минимально необходимого множества навыков  | Наличие большинства основных навыков, продемонстрированное в стандартных ситуациях | Наличие всех основных навыков, продемонстрированных в стандартных ситуациях | Наличие всех навыков, продемонстрированное в стандартных ситуациях | Наличие всех навыков, продемонстрированное в стандартных и нестандартных ситуациях |
| Личностные качества | Соответствующие личностные качества не сформированы | Сформированность личностных качеств недостаточна для достижения основных целей обучения | Сформированность личностных качеств минимально необходимая для достижения основных целей обучения | Личностные качества в целом сформирваны | Сформированные личностные качества достаточны для достижения целей обучения | Личностные качества сформированы на высоком уровне | Сформированность личностных качеств выше обязательных требований |

* 1. Описание шкал оценивания

Для оценивания результатов учебной деятельности студентов при изучении дисциплины используется комбинированная система оценивания, цель которой состоит в следующем:

– объективно оценивать знания студентов;

– дополнительно мотивировать студентов изучать необходимый материал в течение семестра.

Результаты работы студентов оцениваются непрерывно в ходе семестра. При этом учитываются следующие факторы.

– Текущая успеваемость. Необходимым условием выставления оценки «Зачтено» является успешная сдача студентами контрольных работ по всем пройденным темам (допускается несдача одной темы). Общее число тем – порядка 20, содержание контрольных работ варьируется в соответствии с составом прочитанного материала.

– Результаты выполнения практических заданий. Большинство работ (практикум в терминал-классе) предполагают самостоятельное выполнение заданий. Все выполненные задания оцениваются согласно степени выполнения требований, указанных в условиях задания.

В ходе итоговой аттестации студенты должны отчитаться по всем темам, не сданным в процессе контроля текущей успеваемости. Результаты выполнения практических заданий влияют на количество и состав вопросов по темам. По результатам итоговой аттестации проставляются оценки «Зачтено» (соответствует уровням оценки компетенций «удовлетворительно» и выше) и «Не зачтено» (соответствует уровням оценки компетенций «плохо» и «неудовлетворительно»).

* 1. Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю), характеризующих этапы формирования компетенций

Для оценивания результатов обучения в виде знаний используются следующие процедуры и технологии:

– письменные ответы на вопросы.

Для оценивания результатов обучения в виде умений и владений используются следующие процедуры и технологии:

– практические и контрольные задания, включающие постановку одной учебной задачи низкой или средней сложности в виде краткого описания результата, который нужно получить, и перечисления программных средств, методик, алгоритмов и механизмов, которые следует использовать;

– групповые дискуссии, включающие постановку учебной задачи или и проведение студентами круглого стола по обсуждению и анализу поставленной проблемы.

* 1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций и (или) для итогового контроля сформированности компетенции.

**Примеры контрольных вопросов, используемых при проведении текущего и итогового (зачет) контроля успеваемости для оценивания результатов формирования компетенций ОК-1, ПК-4.**

1. Фон-Неймановская модель компьютера.

2. Этапы обработки инструкций в ЦП.

3. Уравнение производительности ЦП.

4. Метрики производительности.

5. Классификация архитектур систем команд по типу программируемых мест хранения.

6. Режимы адресации ЦП.

7. Кодирование инструкций.

8. CISC и RISC.

9. Принцип конвейерной обработки инструкций.

10. Структурные конфликты в конвейере ЦП.

11. Конфликты данных в конвейере ЦП.

12. Конфликты управления в конвейере ЦП.

13. Статические методы обработки условных переходов.

14. Параллелизм уровня инструкций.

15. Обработка исключения конвейером.

16. Расширение конвейера для обработки вещественных операций.

17. Динамическое планирование с использованием Табло.

18. Динамическое планирование с использованием алгоритма Томасуло.

19. Суперскалярность.

20. (Очень) длинное командное слово (V)LIW.

21. Векторные расширения.

22. Буфер целей переходов. Буфер предсказания ветвлений. Алгоритм Смита.

23. Двухуровневый механизм динамического предсказания ветвлений с учетом корреляции.

24. Уровни иерархии памяти. Кеширование.

25. Принцип локальности. Два вида локальности.

26. Виды кеша по типу отображения.

27. Политики замещения в кэше.

28. Стратегии записи в кэш.

29. Классификация многопроцессорных систем (структурные схемы).

30. Способы обеспечения когерентности кэша в многопроцессорной системе.

**Примеры контрольных заданий, используемых при проведении текущего и итогового (зачет) контроля успеваемости для оценивания результатов формирования компетенций ОК-1, ПК-4.**

1. Напишите на C и псевдоассемблере код, решающий следующую задачу: из двух данных чисел выбрать наименьшее.

2. Напишите на C и псевдоассемблере код, решающий следующую задачу: найти максимальное значение в массиве.

3. Рассчитайте время выполнения предлагаемого варианта программы и предложите ее улучшенный вариант.

Характеристики конвейера

Количество стадий: 5

Пересылка: нет

Ступень вычисления адреса перехода: EX (доступен после стадии MEM)

Предсказание условного перехода: не производится

int i,sum,a[10]; 200 i

sum=0; 204 sum

for(i=0;i<10;i++){ 208 a[0]

 sum += a[i]; …

} 244 a[9]

Предлагаемый вариант

0 MOV R0, 0

4 ST R0, [204]

8 ST R0, [200]

12 CMP R0, 40

16 JGE 44

20 LD R1, [204]

24 LD R2, [R0+208]

28 ADD R1, R2

32 ST R1, [204]

36 ADD R0, 4

40 JMP 12

44 No Operation

**Примеры тем практических заданий самостоятельной работы для проведения текущего контроля успеваемости, выставления оценки для оценивания результатов формирования компетенций ОК-1, ПК-4.**

1. Оценка производительности простой программы.

2. Оценка и повышение параллелизма программы на уровне инструкций.

3. Оптимизация использования операций с плавающей точкой.

4. Использование векторных инструкций.

5. Уменьшение потерь по причине неверного предсказания переходов.

**Перечень дискуссионных тем для проведения круглого стола для оценивания результатов обучения в виде знаний З7 (ПК-4), умений У3 (ПК-4) и владений В2 (ПК-4) формирования компетенции ПК-4.**

1. Какое свойство архитектуры позволяет выполнить более эффективную реализацию алгоритма умножения плотных вещественных матриц при одинаковом числе вычислительных блоков: суперскалярность или длинное машинное слово?

2. Какие векторные операции вы можете предложить для повышения производительности алгоритма умножения разреженной комплексной матрицы на комплексный вектор?

**Критерии оценок работы обучающихся в группах**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Критерии | Показатели | Баллы |
| Распределение функционала | Совместно договариваются о распределении функций и реализаций подходов к решению поставленной задачи | 2 |
| Распределяет один человек | 1 |
| Распределения функций нет, задания выполняются произвольно, хаотично | 0 |
| Обсуждение общего решения | Наличие согласованного мнения о рассматриваемых вариантах решения, совместное обсуждение результатов, полученных при применение различных способов решения, выработка итогового результата и единого мнения с учетом позиций всех участников | 2 |
| Обсуждения нет или мнения части группы проигнорировано | 1 |
| Выступление группы | Выступает несколько участников, вклад каждого был оценен и существенен | 2 |
| Выступает один участник, остальные заинтересованы в результате выступления (сопереживают, активно наблюдают, поддерживают во время выступления) или выступает несколько участников группы, но есть негативная оценка кого-то из группы | 1 |
| Выступает один участник от группы, при нейтральной либо негативной наблюдательной позиции остальных участников группы или выступления нет | 0 |

**Суммарная оценка за участие в круглом столе**

|  |  |
| --- | --- |
| **Количество баллов** | **Оценка** |
| 6 | Отлично |
| 5 | Очень хорошо |
| 4 | Хорошо |
| 3 | Удовлетворительно |
| 2 | Неудовлетворительно |
| 0 ‑ 1 | Плохо |

**6.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания.**

Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в ННГУ от 13.02.2014. <http://www.unn.ru/site/images/docs/obrazov-org/Formi_stroki_kontrolya_13.02.2014.pdf>

Положение о фонде оценочных средств, утвержденное приказом ректора ННГУ от 10.06.2015 №247-ОД.

1. **Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

а) основная литература:

1. В.Гуров, В.Чуканов. Архитектура и организация ЭВМ. http://www.intuit.ru/studies/courses/60/60/info
2. В.Гуров. Архитектура микропроцессоров. http://www.intuit.ru/studies/courses/604/460/info
3. А.В. Кудин, А.В. Линёв. Архитектура и операционные системы параллельных вычислительных систем. Нижний Новгород, 2007.
http://www.unn.ru/books/resources.html

б) дополнительная литература:

1. С.Бастраков, В.Гергель, А.Горшков, Е.Козинов, А.Линев, И.Мееров, А.Сиднев, А.Сысоев. Введение в принципы функционирования и применения современных мультиядерных архитектур (на примере Intel Xeon Phi). http://www.intuit.ru/studies/courses/10611/1095/info
2. Д.Северов. Архитектура ЭВМ и язык ассемблера. http://www.intuit.ru/studies/courses/535/391/info
3. **Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа (оснащенные проектором), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Наличие рекомендованной литературы.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, оснащенные компьютерной техникой (микропроцессором не ниже Intel Core i3, объемом памяти не менее 2 ГБ, свободным местом на жестком диске не менее 5 Гб.) с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ННГУ.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 01.03.02 «Прикладная математика и информатика»

Автор: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_С.Н. Карпенко

 \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ А.В. Линев

Рецензент: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой МОСТ\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ В.П.Гергель

Программа одобрена методической комиссией Института информационных технологий, математики и механики ННГУ им. Н.И. Лобачевского

от 29 августа 2017года, протокол № 20.