

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет  
им. Н.И. Лобачевского»**

**Институт информационных технологий, математики и механики**

(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДЕНО

решением Ученого совета ННГУ

протокол №13 от 30.11.2022 г.

## **Рабочая программа дисциплины**

**Архитектура вычислительных систем**

(наименование дисциплины (модуля))

**Уровень высшего образования**

**Бакалавриат**

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

**Направление подготовки / специальность**

**020302 Фундаментальная информатика и информационные технологии**

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

**Направленность образовательной программы**

**Инженерия программного обеспечения**

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

**Форма обучения**

**очная**

(очная / очно-заочная / заочная)

**Нижний Новгород**

**2023 год**

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.11 «Архитектура вычислительных систем» относится к части ООП направления подготовки 02.03.02 Фундаментальная информатика и информационные технологии, формируемой участниками образовательных отношений.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции* (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине**	
<i>ПК-3 Способен создавать и исследовать новые математические модели в естественных науках, промышленности и бизнесе, с учетом возможностей современных информационных технологий и программирования и компьютерной техники</i>	<i>ПК-3.2: Умеет определять ключевые свойства и ограничения системы</i>	<i><b>ЗНАТЬ</b> уровни абстракции вычислительной системы; архитектуру современных ЭВМ; архитектуру системы команд; микроархитектуру центрального процессора; архитектуру системы памяти; архитектуру подсистемы ввода-вывода. <b>УМЕТЬ</b> оценивать производительность реализаций алгоритмов и объяснять причины наблюдаемых показателей. анализировать код программы на языке ассемблера. <b>ВЛАДЕТЬ</b> навыками работы с кодом на языке ассемблера и эффективного использования возможностей вычислительной системы при программировании на языках высокого уровня.</i>	<i>Собеседование  Контрольная работа</i>

## 3. Структура и содержание дисциплины

### 3.1. Трудоемкость дисциплины

	Очная форма обучения
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>2 ЗЕТ</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>72</b>
<b>в том числе</b>	
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>	<b>65</b>
- занятия лекционного типа	<b>48</b>
- занятия семинарского типа	<b>16</b>
- занятия лабораторного типа	<b>0</b>
- текущий контроль (КСР)	<b>1</b>
<b>самостоятельная работа</b>	<b>7</b>

Промежуточная аттестация – зачет	
----------------------------------	--

### 3.2. Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	В том числе				Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы. Из них				
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Всего	
<p>1. Основные понятия и определения.</p> <p>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.</p>	6	5	1		6	
<p>2. Архитектура системы команд.</p> <p>Программируемые места хранения. Режимы адресации. Типы инструкций. Кодирование инструкций. CISC и RISC.</p>	8	6	1		7	1
<p>3. Однопортовый упорядоченный конвейер команд.</p> <p>Принцип конвейерной обработки инструкций. Пример конвейера. Производительность CPU с 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.</p>	11	8	2		10	1
<p>4. Параллелизм уровня инструкций (ILP).</p> <p>Базовый блок инструкций. Статическая оптимизация с разворачиванием циклов. Зависимости между инструкциями по данным, по именам, по управлению. Граф зависимостей.</p>	6	3	2		5	1
<p>5.Динамическое планирование.</p> <p>Принципы реализации динамического планирования. Использование табло, его структура и контролируемые параметры. Алгоритм Томасуло, особенности конвейера, его использующего.</p>	9	6	2		8	1
<p>6. Дополнительные свойства ЦП.</p> <p>Суперскалярность. Динамическое планирование при суперскалярности. (Очень) длинное командное слово (V)LIW. Векторные расширения. Масштабируемость и</p>	6	3	2		5	1

перспективы подходов.						
7. Динамическое предсказание ветвлений.  Буфер целей переходов. Буфер предсказания ветвлений. Алгоритм Смита. Двухуровневый механизм динамического предсказания ветвлений с учетом корреляции. Схема MCFarling's gshare. Гибридные предсказатели.	11	8	2		10	1
8. 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.	9	6	2		8	1
9. 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.	5	3	2		5	
Текущий контроль (КСР)	1				1	
Промежуточная аттестация – зачет						
<b>Итого</b>	<b>72</b>	<b>48</b>	<b>16</b>		<b>65</b>	<b>7</b>

Текущий контроль успеваемости реализуется в формах опросов на занятиях семинарского типа.

Промежуточная аттестация проходит в традиционной форме (зачет).

#### **4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

##### ***Виды самостоятельной работы студентов***

Предполагаются следующие виды самостоятельной работы студентов:

- Изучение учебной литературы (см. перечень образовательных материалов).
- Решение учебных задач.

##### ***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 вычислительных систем и язык ассемблера.  
<http://www.intuit.ru/studies/courses/535/391/info>

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 5.2.

**5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю), включающий:**

### 5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	Шкала оценивания сформированности компетенций						
	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	Не зачтено		Зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала.  Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько незначительных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения.  Имели место грубые ошибки.	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными незначительными недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки.	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач.

	отказа обучающегося от ответа	Имели место грубые ошибки.	недочетами.	недочетами	недочетов.	недочетов.	
--	-------------------------------	----------------------------	-------------	------------	------------	------------	--

### Шкала оценки при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	Превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно»
	Отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
	Очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
	Хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»
	Удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	Неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
	Плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

## 5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

### 5.2.1 Контрольные вопросы

вопросы	Код формируемой компетенции
1. Фон Неймановская модель компьютера.	ПК-3
2. Этапы обработки инструкций в ЦП.	ПК-3
3. Уравнение производительности ЦП.	ПК-3
4. Метрики производительности.	ПК-3
5. Классификация архитектур систем команд по типу программируемых мест хранения.	ПК-3
6. Режимы адресации ЦП.	ПК-3
7. Кодирование инструкций.	ПК-3
8. CISC и RISC.	ПК-3
9. Принцип конвейерной обработки инструкций.	ПК-3
10. Структурные конфликты в конвейере ЦП.	ПК-3
11. Конфликты данных в конвейере ЦП.	ПК-3
12. Конфликты управления в конвейере ЦП.	ПК-3
13. Статические методы обработки условных переходов.	ПК-3
14. Параллелизм уровня инструкций.	ПК-3
15. Обработка исключения конвейером.	ПК-3
16. Расширение конвейера для обработки вещественных операций.	ПК-3
17. Динамическое планирование с использованием Табло.	ПК-3
18. Динамическое планирование с использованием алгоритма Томасуло.	ПК-3

19. Суперскалярность.	ПК-3
20. (Очень) длинное командное слово (V)LIW.	ПК-3
21. Векторные расширения.	ПК-3
22. Буфер целей переходов. Буфер предсказания ветвлений. Алгоритм Смита.	ПК-3
23. Двухуровневый механизм динамического предсказания ветвлений с учетом корреляции.	ПК-3
24. Уровни иерархии памяти. Кеширование.	ПК-3
25. Принцип локальности. Два вида локальности.	ПК-3
26. Виды кеша по типу отображения.	ПК-3
27. Политики замещения в кэше.	ПК-3
28. Стратегии записи в кэш.	ПК-3
29. Классификация многопроцессорных систем (структурные схемы).	ПК-3
30. Способы обеспечения когерентности кэша в многопроцессорной системе.	ПК-3

### 5.2.2. Типовые задания для оценки сформированности компетенции ПК-3

Задание 1. Напишите на С и псевдоассемблере код, решающий следующую задачу.  
Из двух данных чисел выбрать наименьшее.

Задание 2. Напишите на С и псевдоассемблере код, решающий следующую задачу.  
Найти максимальное значение в массиве

Задание 3.. Напишите на С и псевдоассемблере код, решающий следующую задачу.  
Дано целое число. Возвести его в квадрат, если оно отрицательное, в третью степень, если положительные.

## 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

- 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>
- 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:

- 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>
- Д.Северов. Архитектура вычислительных систем и язык ассемблера.  
<http://www.intuit.ru/studies/courses/535/391/info>

## 7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой (лекционного и семинарского типа), оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду. Используемое лицензионное программное обеспечение:

- Операционные системы семейства MicrosoftWindows, лицензия по подписке MicrosoftImagine.
- Среда разработки семейства MicrosoftVisualStudio, лицензия по подписке MicrosoftImagine.
- Microsoft Office (лицензия)

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ 02.03.02 Фундаментальная информатика и информационные технологии.

Автор (ы) \_\_\_\_\_

Рецензент (ы) \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ Р.Г.Стронгин

Программа одобрена на заседании методической комиссии института информационных технологий, математики и механики 30.11.2022 года, протокол № 3