

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

УТВЕРЖДЕНО
решением Ученого совета ННГУ
протокол № 15 от 24.12.2025 г.

Рабочая программа дисциплины

Архитектура вычислительных систем

Уровень высшего образования
Бакалавриат

Направление подготовки / специальность
01.03.02 - Прикладная математика и информатика

Направленность образовательной программы
Математическое моделирование и вычислительная математика

Форма обучения
очная

г. Нижний Новгород

2026 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.О.12 Архитектура вычислительных систем относится к обязательной части образовательной программы.

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	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ОПК-2: Способен использовать и адаптировать существующие математические методы и системы программирования для разработки и реализации алгоритмов решения прикладных задач	<p>ОПК-2.1: Знает математические методы и системы программирования для разработки и реализации алгоритмов решения прикладных задач</p> <p>ОПК-2.2: Умеет осуществлять выбор и адаптацию математических методов и программного обеспечения для разработки и реализации алгоритмов решения задач в области профессиональной деятельности</p> <p>ОПК-2.3: Имеет практический опыт применения математических методов и систем программирования для разработки и реализации алгоритмов решения прикладных задач</p>	<p>ОПК-2.1: Знать: - уровни абстракции вычислительной системы; - архитектуру современных ЭВМ; архитектуру системы команд; - микроархитектуру центрального процессора; - архитектуру подсистемы памяти; - архитектуру подсистемы ввода-вывода.</p> <p>ОПК-2.2: Уметь: - анализировать код программы на языке ассемблер; - выявлять возможные причины низкой производительности программ.</p> <p>ОПК-2.3: Владеть: навыками работы с кодом на языке ассемблера и эффективного использования возможностей вычислительной системы при программировании на языках высокого уровня.</p>	Контрольная работа Задачи	Зачёт: Контрольные вопросы

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	3
Часов по учебному плану	108
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	16
- КСР	1
самостоятельная работа	59
Промежуточная аттестация	0 Зачёт

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	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 (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	
Основные понятия и определения	8	2	2	4	4
Архитектура системы команд	16	4	4	8	8
Однопортовый упорядоченный конвейер команд.	16	6	2	8	8
Параллелизм уровня инструкций (ILP)	14	4	2	6	8
Динамическое планирование	10	4	2	6	4
Дополнительные свойства ЦП	6	2	0	2	4
Динамическое предсказание ветвлений	13	4	2	6	7
Архитектура памяти.	14	4	2	6	8
Архитектура подсистемы ввода-вывода	10	2	0	2	8
Аттестация	0				
КСР	1			1	
Итого	108	32	16	49	59

Содержание разделов и тем дисциплины

Основные понятия и определения
Архитектура системы команд
Однопортовый упорядоченный конвейер команд.
Параллелизм уровня инструкций (ILP)
Динамическое планирование
Дополнительные свойства ЦП
Динамическое предсказание ветвлений
Архитектура памяти.
Архитектура подсистемы ввода-вывода

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

1. А.В. Кудин, А.В. Линёв. Архитектура и операционные системы параллельных вычислительных систем. Нижний Новгород, 2007.
<http://www.unn.ru/books/resources.html>
2. 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>
3. В.Гуров, В.Чуканов. Архитектура и организация ЭВМ.
<http://www.intuit.ru/studies/courses/60/60/info>
4. В.Гуров. Архитектура микропроцессоров. <http://www.intuit.ru/studies/courses/604/460/info>
5. Д.Северов. Архитектура ЭВМ и язык ассемблера.
<http://www.intuit.ru/studies/courses/535/391/info>

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольная работа) для оценки сформированности компетенции ОПК-2:

Вариант 1

Задание 1

Структурные конфликты в конвейере ЦП.

Задание 2.

Постройте диаграмму выполнения указанного кода на процессоре, использующем Табло.

Вариант 2

Задание 1

Конфликты данных в конвейере ЦП.

Задание 2.

Постройте диаграмму выполнения указанного кода на ЦП, использующем алгоритм Томасуло.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольная работа)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Студент получил верный ответ во всех заданиях. При этом студент продемонстрировал знание дополнительного материала.
отлично	Студент получил верный ответ во всех заданиях. При этом студент продемонстрировал знание дополнительного материала.
очень хорошо	Студент получил верный ответ в большинстве заданий.
хорошо	Студент решил большую часть задач с незначительными недочетами.
удовлетворительно	Студент решил большую часть задач с существенными недочетами.
неудовлетворительно	Студент допускает грубые ошибки в решении стандартных задач.
плохо	Отсутствие знаний материала, отсутствует способность решения стандартных задач.

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ОПК-2:

1. Напишите на языках программирования C и псевдоассемблер код, решающий следующую задачу: из двух данных чисел выбрать наименьшее.
2. Напишите на языках программирования C и псевдоассемблер 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

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

Предсказание условного перехода: не производится

```
inti,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
    
```

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Выполнены все или большая часть этапов решения задачи или задача решена с незначительными недочетами. Результаты работы представлены преподавателю в срок.
не зачтено	Выполнены не все практические задания или выполнены не в полном объеме (представлено не полное описание этапов выполнения заданий, получен неверный ответ, результаты работы не представлены преподавателю).

5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
		не зачтено		зачтено			
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.

	знаний вследствие отказа обучающегося от ответа		много негрубых ошибок	подготовки . Допущено несколько негрубых ошибок	подготовки . Допущено несколько несущественных ошибок	подготовк и. Ошибок нет.	
<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	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «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».

5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ОПК-2

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.
30. Способы обеспечения когерентности кэша в многопроцессорной системе.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Студент ответил на большую часть вопросов возможно с незначительными недочетами.
не зачтено	При ответе студент допускает грубые ошибки в основном материале и решении стандартных задач.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Новожилов Олег Петрович. Архитектура ЭВМ и систем : учебник для вузов / О. П. Новожилов. - 2-е изд. - Москва : Юрайт, 2024. - 511 с. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-534-18445-7. - Текст : электронный // ЭБС "Юрайт"., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=891324&idb=0>.
2. Гуров Валерий Валентинович. Микропроцессорные системы : Учебное пособие / Национальный исследовательский ядерный университет "МИФИ". - 1. - Москва : ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М", 2022. - 336 с. - ВО - Бакалавриат. - ISBN 978-5-16-009950-7. - ISBN 978-5-16-101573-5., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=771070&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Кудин А. В. Архитектура и операционные системы параллельных вычислительных систем : учебно-методические материалы по программе повышения квалификации "Информационные технологии и компьютерное моделирование в прикладной математике" : учебно-методическое пособие / А. В. Кудин, А. В. Линева ; ННГУ им. Н. И. Лобачевского, Образовательно-научный центр "Информационно-телекоммуникационные системы: физические основы и математическое

обеспечение”. - Нижний Новгород : Изд-во ННГУ, 2007. - 73 с. - Текст : электронный., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=825118&idb=0>.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

1. С.Бастраков, В.Гергель, А.Горшков, Е.Козинов, А.Линев, И.Мееров, А.Сиднев, А.Сысоев. Введение в принципы функционирования и применения современных мультитядерных 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>

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами.

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

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению подготовки/специальности 01.03.02 - Прикладная математика и информатика.

Автор(ы): Карпенко Сергей Николаевич, кандидат технических наук, доцент
Линев Алексей Владимирович.

Заведующий кафедрой: Мееров Иосиф Борисович, кандидат технических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 17.12.2025, протокол № протокол №6.