

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 № 10 от 02.12.2024 г.

**Рабочая программа дисциплины**

Эмуляторы, симуляторы и бинарная трансляция

---

Уровень высшего образования  
Бакалавриат

---

Направление подготовки / специальность  
02.03.02 - Фундаментальная информатика и информационные технологии

---

Направленность образовательной программы  
Сопряженная разработка программного и аппаратного обеспечения

---

Форма обучения  
очная

---

г. Нижний Новгород

2025 год начала подготовки

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.12.04 Эмуляторы, симуляторы и бинарная трансляция относится к части, формируемой участниками образовательных отношений 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
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	<p>ПК-3.1: Знает методы анализа и исследования математических моделей в области фундаментальной информатики и информационных технологий</p> <p>ПК-3.2: Умеет определять ключевые свойства и ограничения системы</p>	<p>ПК-3.1: Знать основы имитации работы систем, понимать разницу между эмуляторами и симуляторами, их предназначение и устройство, перспективы использования и развития эмуляторов и симуляторов</p> <p>ПК-3.2: Уметь эффективно настраивать и использовать соответствующие эмуляторы или симуляторы для решения практических проблем.</p>	Тест Практическое задание	Экзамен: Контрольные вопросы Практическое задание

## 3. Структура и содержание дисциплины

### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
<b>Общая трудоемкость, з.е.</b>	<b>4</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>144</b>
в том числе	
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>	
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	32
- КСР	2
самостоятельная работа	42
Промежуточная аттестация	36

**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	
Тема 1. Введение в эмуляцию и симуляцию	7	2	2	4	3
Тема 2. Архитектурные основы эмуляции	10	3	3	6	4
Тема 3. Реализация системных вызовов и устройств	9	3	3	6	3
Тема 4. Динамическая рекомпиляция и JIT	8	2	2	4	4
Тема 5. Симуляция аппаратного обеспечения	9	3	3	6	3
Тема 6. Эмуляция операционных систем	10	3	3	6	4
Тема 7. Эмуляция игровых консолей	7	2	2	4	3
Тема 8. Симуляция сетевых систем	10	3	3	6	4
Тема 9. Инструменты отладки и анализа	9	3	3	6	3
Тема 10. Параллелизм и многопоточность в эмуляции	8	2	2	4	4
Тема 11. Тестирование и верификация моделей	9	3	3	6	3
Тема 12. Перспективы развития эмуляции и симуляции	10	3	3	6	4
Аттестация	36				
КСР	2			2	
Итого	144	32	32	66	42

**Содержание разделов и тем дисциплины**

1. Введение в эмуляцию и симуляцию
  - Определение эмуляторов и симуляторов.
  - Отличие между ними.
  - Области применения.
2. Архитектурные основы эмуляции
  - Принципы работы эмуляторов.
  - Динамическая и статическая трансляция кода.
  - Перевод инструкций.
3. Реализация системных вызовов и устройств
  - Эмуляция ввода-вывода.
  - Обработка прерываний.
  - Поддержка периферийных устройств.
4. Динамическая рекомпиляция и JIT

- Принципы динамической рекомпиляции.
  - JIT-компиляция в эмуляторах.
  - Преимущества и недостатки.
5. Симуляция аппаратного обеспечения
- Моделирование процессора, памяти, шин.
  - Уровни детализации: логический, временной, функциональный.
  - Примеры: Simics, gem5.
6. Эмуляция операционных систем
- Полная и частичная эмуляция ОС.
  - VirtualBox, VMware, KVM.
  - Паравиртуализация.
7. Эмуляция игровых консолей
- Особенности эмуляции старых и современных платформ.
  - Требования к точности.
  - Проекты: bsnes/higan, Dolphin, PCSX2.
8. Симуляция сетевых систем
- Моделирование сетевых протоколов.
  - Симуляторы: NS-3, OMNeT++, GNS3.
  - Использование в тестировании и обучении.
9. Инструменты отладки и анализа
- GDB, Valgrind, PIN.
  - Отладка через эмуляторы.
  - Инструменты трассировки и профилирования.
10. Параллелизм и многопоточность в эмуляции
- Поддержка SMP в эмуляторах.
  - Управление потоками.
  - Блокировки и гонки данных.
11. Тестирование и верификация моделей
- Проверка корректности эмуляции.
  - Использование эталонных программ.
  - Автоматизация тестирования.
12. Перспективы развития эмуляции и симуляции
- Эмуляция как инструмент сохранения программного наследия.
  - Использование FPGA и специализированных ускорителей.
  - Будущее эмуляторов.

#### **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.

Самостоятельная работа студентов при изучении дисциплины проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- повторение пройденного учебного материала, чтение рекомендованной литературы;
- выполнение общих и индивидуальных домашних заданий;
- работу с электронными источниками;
- подготовку к сдаче формы промежуточной аттестации.

Цель самостоятельной работы - формирование навыков непрерывного самообразования и

профессионального совершенствования.

Самостоятельная работа способствует формированию аналитического и творческого мышления, совершенствует способы организации исследовательской деятельности, воспитывает целеустремленность, системность и последовательность в работе студентов, развивает у них навык завершать начатую работу.

Основные виды самостоятельной работы студентов:

- работа с основной и дополнительной литературой;
- изучение категориального аппарата дисциплины;
- самостоятельное изучение тем дисциплины;
- подготовка к экзамену;
- работа в библиотеке;
- изучение сайтов по темам дисциплины в сети Интернет.

Работа с основной и дополнительной литературой

Изучение рекомендованной литературы следует начинать с учебников и учебных пособий, затем переходить к научным монографиям и материалам периодических изданий. Работа с литературой предусматривает конспектирование наиболее актуальных и познавательных материалов. Это не только мобилизует внимание, но и способствует более глубокому осмыслению материала, его лучшему запоминанию, а также позволяет студентам проводить систематизацию и сравнительный анализ изучаемой информации. Таким образом, конспектирование – одна из основных форм самостоятельного труда, которая требует от студента активно работать с учебной литературой и не ограничиваться конспектом лекций. Студент должен уметь самостоятельно подбирать необходимую литературу для учебной и научной работы, уметь обращаться с предметными каталогами и библиографическим справочником библиотеки.

Изучение категориального аппарата дисциплины

Изучение и осмысление экономических категорий требует проработки лекционного материала, выполнения практических заданий, изучение словарей, энциклопедий, справочников.

Индивидуальная самостоятельная работа студента направлена на овладение и грамотное применение экономической терминологии в области компьютерного моделирования.

Самостоятельное изучение тем дисциплины

Особое место отводится самостоятельной проработке студентами отдельных разделов и тем изучаемой дисциплины. Такой подход вырабатывает у студентов инициативу, стремление к увеличению объема знаний, умений и навыков, всестороннего овладения способами и приемами профессиональной деятельности.

Изучение вопросов определенной темы направлено на более глубокое усвоение основных категорий экономической теории, понимание экономических процессов, происходящих в обществе, совершенствование навыка анализа теоретического и эмпирического материала.

Подготовка к экзамену

Промежуточная аттестация студентов по дисциплине проходит в виде экзамена, предусматривающего оценку. Условием успешного прохождения промежуточной аттестации является систематическая работа студента в течение семестра. В этом случае подготовка к экзамену является систематизацией всех полученных знаний по данной дисциплине.

Рекомендуется внимательно изучить перечень вопросов к экзамену, а также использовать в процессе обучения программу, учебно-методический комплекс, другие методические материалы.

Желательно спланировать трехкратный просмотр материала перед экзаменом. Во-первых,

внимательное чтение с осмыслением, подчеркиванием и составлением краткого плана ответа. Во-вторых, повторная проработка наиболее сложных вопросов. В-третьих, быстрый просмотр материала или планов ответов для его систематизации в памяти.

Изучение сайтов по темам дисциплины в сети Интернет

Ресурсы Интернет являются одним из альтернативных источников быстрого поиска требуемой информации. Их использование возможно для получения основных и дополнительных сведений по изучаемым материалам. Необходимо помнить об оформлении ссылок на Интернет-источники.

Для повышения эффективности самостоятельной работы студентов преподавателю целесообразно использовать следующие виды деятельности:

- консультации,
- выдача заданий на самостоятельную работу,
- информационное обеспечение обучения,
- контроль качества самостоятельной работы студентов.

## **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 - Тест) для оценки сформированности компетенции ПК-3:**

**1.** Чем принципиально отличается эмулятор от симулятора?

- A) Эмулятор работает медленнее
- B) Симулятор не выполняет целевую программу, а моделирует поведение системы
- C) Эмулятор использует JIT, симулятор – интерпретацию
- D) Симулятор не может эмулировать периферию

**2.** Какой метод перевода кода преобразует весь исполняемый файл перед запуском?

- A) Интерпретация
- B) Динамическая трансляция
- C) Статическая трансляция
- D) JIT-компиляция

**3.** В эмуляции ввода-вывода метод MMIO (Memory-Mapped I/O) означает:

- A) Устройства отображаются в адресное пространство памяти
- B) Используются отдельные порты ввода-вывода
- C) Данные передаются через DMA
- D) Эмуляция отсутствует

- 4.** Какая технология лежит в основе быстрой эмуляции QEMU для разных архитектур?
- A) Интерпретация байт-кода
  - B) Динамическая рекомпиляция (TCG)
  - C) Статическая трансляция с помощью LLVM
  - D) Аппаратная виртуализация
- 5.** Какой инструмент позволяет проводить динамический анализ памяти (detect memory leaks) без остановки программы?
- A) GDB
  - B) QEMU
  - C) Valgrind
  - D) NS-3
- 6.** Какой симулятор сетей чаще всего используется в академических исследованиях?
- A) GNS3
  - B) OMNeT++
  - C) NS-3
  - D) Cisco Packet Tracer
- 7.** Эмулятор bsnes/higan известен тем, что:
- A) Эмулирует PlayStation 2
  - B) Обеспечивает высочайшую точность эмуляции SNES (до уровня циклов)
  - C) Использует JIT для ускорения
  - D) Эмулирует только пользовательское пространство
- 8.** Что такое паравиртуализация применительно к эмуляции ОС?
- A) Модифицированная гостевая ОС вызывает гипервизор напрямую
  - B) Полная эмуляция всех устройств
  - C) Использование аппаратной виртуализации
  - D) Эмуляция только сетевых устройств
- 9.** Какой уровень детализации симуляции моделирует точное время выполнения инструкций и задержки памяти?
- A) Функциональный
  - B) Логический (RTL)
  - C) Временной (cycle-accurate)
  - D) Транзакционный
- 10.** Как в эмуляторе обычно обрабатываются прерывания?
- A) Игнорируются
  - B) После каждой инструкции проверяется флаг прерывания
  - C) Только при системных вызовах
  - D) Через отдельный поток

- 11.** Что такое JIT-компиляция в эмуляторах?
- A) Компиляция целевого кода в машинный код хоста во время выполнения
  - B) Компиляция перед первым запуском
  - C) Интерпретация с кэшированием результатов
  - D) Трансляция в C и компиляция GCC
- 12.** Какой симулятор позволяет моделировать многоядерные процессоры и кэш-когерентность (используется в computer architecture)?
- A) Simics
  - B) gem5
  - C) QEMU
  - D) Bochs
- 13.** Инструмент PIN (от Intel) предназначен для:
- A) Эмуляции целых систем
  - B) Динамического бинарного инструментирования (трассировка, анализ)
  - C) Симуляции сетей
  - D) Отладки ядра Linux
- 14.** Основная проблема при эмуляции SMP (многопроцессорных систем):
- A) Невозможность эмулировать более 2 ядер
  - B) Обеспечение корректной синхронизации и атомарных операций
  - C) Отсутствие поддержки в JIT
  - D) Высокое энергопотребление
- 15.** Какая технология будущего может значительно ускорить эмуляцию старых консолей?
- A) Облачные вычисления
  - B) FPGA-реконфигурация аппаратуры
  - C) Квантовые эмуляторы
  - D) Интерпретация на GPU
- 16.** Симулятор может быть менее точным, чем эмулятор, но гораздо быстрее (например, для моделирования сети). (Верно / Неверно)
- 17.** Статическая трансляция всегда работает быстрее динамической, так как не требует накладных расходов во время выполнения. (Верно / Неверно)
- 18.** В QEMU режим пользовательского пространства (user mode) позволяет запускать программу для одной архитектуры (например, ARM) на другой (x86) без эмуляции всей ОС. (Верно / Неверно)
- 19.** Эмулятор игровой консоли должен точно воспроизводить тайминги графического чипа, иначе некоторые игры будут работать некорректно. (Верно / Неверно)

**20.** GDB не может подключаться к эмулятору, так как эмулятор не предоставляет интерфейс отладки. (Верно / Неверно)

### Критерии оценивания (оценочное средство - Тест)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	96-100% правильных ответов
отлично	81-95% правильных ответов
очень хорошо	76-80% правильных ответов
хорошо	61-75% правильных ответов
удовлетворительно	46-60% правильных ответов
неудовлетворительно	31-45% правильных ответов
плохо	30% и меньше правильных ответов

**5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Практическое задание) для оценки сформированности компетенции ПК-3:**

#### **Задание 1. Запуск программы для другой архитектуры через QEMU (user mode)**

Установите QEMU. Скомпилируйте простую программу на C (`hello.c`) для архитектуры ARM (установите `gcc-arm-linux-gnueabi`). Запустите её с помощью `qemu-arm -L /usr/arm-linux-gnueabi/ ./hello`. Объясните, почему не требуется эмулировать всю ОС.

#### **Задание 2. Отладка встроенного кода через QEMU + GDB**

Используйте QEMU в режиме `-s -S` для эмуляции платы `virt` с ядром Linux. Запустите GDB, подключитесь к порту 1234. Установите точку останова на функции `start_kernel` (если есть символы) или на любую известную точку. Выполните несколько команд и выведите значение регистра `pc`.

#### **Задание 3. Написание простейшего интерпретатора (эмулятора) учебной ISA**

Реализуйте на Python эмулятор стековой машины с 4 инструкциями:

- `PUSH n` – положить число на стек
- `POP` – удалить вершину
- `ADD` – сложить два верхних числа, результат положить

- PRINT – вывести вершину стека

Программа задаётся в виде списка инструкций. Запустите программу, вычисляющую 2+3 и выводящую результат.

#### Задание 4. Работа с Valgrind

Напишите программу на C с намеренной утечкой памяти (malloc без free). Запустите `valgrind --leak-check=full ./program`. Интерпретируйте вывод: сколько байт потеряно, где произошло выделение.

#### Задание 5. Симуляция сети в NS-3 (базовый сценарий)

Установите NS-3. Запустите пример `first.cc` (две ноды, точечная связь). Измените скорость канала на 5 Мбит/с и задержку 20 мс. Запустите симуляцию и убедитесь, что пакеты передаются.

#### Критерии оценивания (оценочное средство - Практическое задание)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Задание выполнено в полном объеме (все поставленные задачи решены), ответ логичен и обоснован, обучающийся отвечает четко и последовательно, показывает глубокое знание основного и дополнительного материала
отлично	Задание выполнено в полном объеме (все поставленные задачи решены), ответ логичен и обоснован, обучающийся отвечает четко и последовательно, показывает глубокое знание основного материала
очень хорошо	Задание выполнено в полном объеме (все поставленные задачи решены), ответ логичен и обоснован, обучающийся отвечает четко и последовательно, показывает глубокое знание материала, допущено не более 2 неточностей непринципиального характера
хорошо	Задание выполнено в полном объеме (все поставленные задачи решены), ответ логичен и обоснован, допущены неточности непринципиального характера, но обучающийся показывает систему знаний по теме своими ответами на поставленные вопросы
удовлетворительно	Задание выполнено не в полном объеме (решено более 50% поставленных задач), но обучающийся допускает ошибки, нарушена последовательность ответа, но в целом раскрывает содержание основного материала
неудовлетворительно	Задание выполнено не в полном объеме (решено менее 50% поставленных задач), обучающийся дает неверную информацию при ответе на поставленные задачи, допускает грубые ошибки при толковании материала, демонстрирует незнание основных терминов и понятий.
плохо	Задание не выполнено, обучающийся демонстрирует полное незнание материала

## 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 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 несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	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	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 отдельным 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 некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и 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
--------	--------------------

<b>зачтено</b>	<b>превосходно</b>	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
	<b>отлично</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	<b>очень хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	<b>хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	<b>удовлетворительно</b>	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»
<b>не зачтено</b>	<b>неудовлетворительно</b>	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	<b>плохо</b>	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

### 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 ПК-3

1. Дайте определение эмулятора и симулятора. В чем принципиальное отличие между ними?
2. Приведите примеры областей применения эмуляции и симуляции (не менее 4).
3. Опишите основные принципы работы эмуляторов (цикл выборка-декодирование-исполнение).
4. Что такое статическая и динамическая трансляция кода? Сравните их.
5. Как происходит перевод инструкций в эмуляторе? Что такое «базовый блок»?
6. Какие методы используются для эмуляции ввода-вывода (порт-маппированный, MMIO)?
7. Как обрабатываются прерывания и исключения в эмуляторе?
8. Какие подходы существуют для эмуляции периферийных устройств (модели на уровне регистров, функциональные модели)?
9. Объясните принцип динамической рекомпиляции (DynRec). Чем она отличается от интерпретации?
10. Что такое JIT-компиляция? Как она применяется в эмуляторах (QEMU, PyPy)?
11. Назовите преимущества и недостатки JIT-компиляции по сравнению с интерпретацией и статической трансляцией.

12. Что такое симуляция аппаратного обеспечения? Какие уровни детализации существуют (функциональный, логический, временной)?
13. Приведите примеры симуляторов процессоров/систем: Simics, gem5. Какие задачи они решают?
14. Чем отличается полная эмуляция ОС от частичной (эмуляция пользовательского пространства)?
15. В чем разница между VirtualBox/VMware и KVM? Какую роль играет аппаратная виртуализация?
16. Что такое паравиртуализация? Как она связана с эмуляцией?
17. Какие особенности эмуляции игровых консолей (точность vs производительность)? Приведите примеры проектов (bsnes, Dolphin, PCSX2).
18. Как эмулируются графические и звуковые сопроцессоры старых консолей?
19. Какие инструменты используются для симуляции сетей (NS-3, OMNeT++ , GNS3)? В чем их различие?
20. Опишите процесс отладки через эмулятор (GDB + QEMU). Какие возможности дает эмулятор для отладки встроенных систем?
21. Что такое инструменты динамического бинарного инструментирования (PIN, Valgrind)? Как они применяются для анализа программ?
22. Какие проблемы возникают при эмуляции многопроцессорных систем (SMP)? Как решается синхронизация?
23. Что такое «гонки данных» в эмуляторе? Как их обнаружить и предотвратить?
24. Как выполняется верификация корректности эмулятора? Приведите методы (эталонные тесты, случайное тестирование).
25. Какие перспективы развития эмуляции и симуляции вы видите? Роль FPGA, ускорителей, облачных эмуляторов.

### Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Вся компетенция (части компетенции), на формирование которой направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно»
отлично	Вся компетенция (части компетенции), на формирование которой направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
очень хорошо	Вся компетенция (части компетенции), на формирование которой направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
хорошо	Вся компетенция (части компетенции), на формирование которой направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»
удовлетворительно	Вся компетенция (части компетенции), на формирование которой направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне

Оценка	Критерии оценивания
	«удовлетворительно»
неудовлетворительно	Хотя бы одна часть компетенции сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
плохо	Хотя бы одна часть компетенции сформирована на уровне «плохо»

### 5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Практическое задание) для оценки сформированности компетенции ПК-3

#### **Задание 1. Простой JIT-эмулятор с использованием GNU Lightning или DynASM**

(Выберите один вариант)

Напишите JIT-компилятор для учебной ISA (например, тот же стековый, но с циклами). Используя библиотеку `libjit` или `DynASM` (из LuaJIT), скомпилируйте базовый блок в машинный код `x86_64`. Сравните производительность с интерпретатором из задания 1.3 (замерьте время выполнения программы с циклом из  $10^6$  итераций).

#### **Задание 2. Эмуляция простой игровой консоли (CHIP-8)**

Реализуйте эмулятор CHIP-8 (8-битная «консоль» 1970-х). Требования:

- Эмуляция 16 регистров, таймеров, 4KB памяти, 64x32 монохромный дисплей.
- Поддержка 35 оригинальных инструкций.
- Загрузка ROM-файла (например, тестовый ROM «IBM Logo»).
- Отображение графики через SDL или терминал (псевдографикой).
- Реализуйте интерпретацию и добавьте отладчик (пауза, пошаговый режим).

#### **Задание 3. Полноценная симуляция процессора в gem5**

Установите `gem5`. Напишите простую программу на C для ARM. Создайте конфигурационный скрипт Python для симуляции системы с одним ядром ARM, иерархией кэшей. Запустите симуляцию в режиме SE (Syscall Emulation). Проанализируйте статистику (количество тактов, промахи кэша).

#### **Задание 4. Многопоточная эмуляция и синхронизация**

Возьмите готовый эмулятор `Game Boy` (например, `рубоу` или написанный вами). Добавьте поддержку эмуляции двух устройств (Z80 и видеоконтроллер PPU) в отдельных потоках. Реализуйте синхронизацию через условные переменные, чтобы сохранить тактовую точность

(например, каждый поток эмулирует 1 мс и блокируется). Измерьте влияние на производительность.

### **Задание 5. Верификация эмулятора с помощью случайного тестирования**

Напишите генератор случайных программ для эмулятора CHIP-8 (из задания 2.2) и для эталонного эмулятора (например, `chip8-testsuite`). Запустите одну и ту же программу на обоих и сравните состояние памяти через каждые 100 инструкций. Выявляйте расхождения. Реализуйте автоматический поиск минимального контрпримера.

#### **Критерии оценивания (оценочное средство - Практическое задание)**

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Вся компетенция (части компетенции), на формирование которой направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно»
отлично	Вся компетенция (части компетенции), на формирование которой направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
очень хорошо	Вся компетенция (части компетенции), на формирование которой направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
хорошо	Вся компетенция (части компетенции), на формирование которой направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»
удовлетворительно	Вся компетенция (части компетенции), на формирование которой направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
неудовлетворительно	Хотя бы одна часть компетенции сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
плохо	Хотя бы одна часть компетенции сформирована на уровне «плохо»

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

Основная литература:

1. Баланов А. Н. Облачные технологии : учебное пособие для вузов / Баланов А. Н. - 2-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2025. - 204 с. - Книга из коллекции Лань - Информатика. - ISBN 978-5-

507-53005-2. - Текст : электронный., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=972513&idb=0>.

2. Долженко Алексей Иванович (Ростовский государственный экономический университет (РИНХ)). Облачные технологии : Учебное пособие / Ростовский государственный экономический университет (РИНХ). - 1. - Ростов-на-Дону : Ростовский Государственный Экономический Университет (РГЭУ, бывший РИНХ), 2023. - 112 с. - ВО - Бакалавриат. - ISBN 978-5-7972-3148-6. - Текст : электронный., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=968782&idb=0>.

3. Моттола Мэттью. Экономика удаленки : Как облачные технологии и искусственный интеллект меняют работу : Практическое пособие. - 1. - Москва : Альпина ПРО, 2026. - 224 с. - Дополнительное образование взрослых. - ISBN 978-5-907470-16-3. - Текст : электронный., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=1009797&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Сулейманова Д.Ю. Облачные и инновационные технологии в сервисе и образовании : Сборник статей / Д.Ю. Сулейманова. - Москва : Русайнс, 2022. - 174 с. - Режим доступа: book.ru. - ISBN 978-5-4365-0829-0. - Текст : электронный., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=1016495&idb=0>.

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

1. Операционная система Microsoft Windows
2. Пакет прикладных программ Microsoft Office
3. Правовая система «Консультант плюс»
4. Правовая система «Гарант».
5. Интернет браузеры (Mozilla Firefox, Google Chrome)

## **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 02.03.02 - Фундаментальная информатика и информационные технологии.

Автор(ы): Мееров Иосиф Борисович, кандидат технических наук, доцент.

Заведующий кафедрой: Мееров Иосиф Борисович, кандидат технических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 02.12.2024, протокол № 5.