

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»
(РУТ (МИИТ))



Рабочая программа дисциплины (модуля),
как компонент образовательной программы
высшего образования - программы магистратуры
по направлению подготовки
10.04.01 Информационная безопасность,
утвержденной первым проректором РУТ (МИИТ)
Тимониным В.С.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Отказоустойчивые компьютерные архитектуры

Направление подготовки: 10.04.01 Информационная безопасность

Направленность (профиль): Безопасность компьютерных систем и сетей

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины (модуля) в виде
электронного документа выгружена из единой
корпоративной информационной системы управления
университетом и соответствует оригиналу

Простая электронная подпись, выданная РУТ (МИИТ)
ID подписи: 4196
Подписал: заведующий кафедрой Желенков Борис
Владимирович
Дата: 12.11.2025

1. Общие сведения о дисциплине (модуле).

Целью освоения учебной дисциплины является:

- изучение студентами теории и практики основ построения отечественных микропроцессоров и вычислительных комплексов с архитектурой «Эльбрус», разработки отказоустойчивых компьютерных архитектур на базе технологии безопасных вычислений.

Задачами дисциплины являются:

- формирование навыков анализировать архитектуру построения отечественных микропроцессоров с архитектурой «Эльбрус» и вычислительных комплексах на их основе, а также направления развития архитектуры средств вычислительной техники и информационных технологий;

- овладение основными методами разработки эффективных программ для микропроцессоров с архитектурой «Эльбрус» на языках C/C++ с использованием режима безопасных вычислений;

- овладение основными методами управления вычислительным процессом при параллельной обработке данных.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю).

Перечень формируемых результатов освоения образовательной программы (компетенций) в результате обучения по дисциплине (модулю):

ОПК-4 - Способен осуществлять сбор, обработку и анализ научно-технической информации по теме исследования, разрабатывать планы и программы проведения научных исследований и технических разработок;

ПК-1 - Способность проводить обоснование состава, характеристик и функциональных возможностей систем и средств обеспечения информационной безопасности объектов защиты на основе российских и международных стандартов.

Обучение по дисциплине (модулю) предполагает, что по его результатам обучающийся будет:

Знать:

- принципы построения и функционирования вычислительных комплексов с архитектурой «Эльбрус» и вычислительных систем на их основе, основные подходы к разработке отказоустойчивых компьютерных архитектур;

- основные методы разработки эффективных программ для микропроцессоров с архитектурой «Эльбрус» на языках C/C++ с использованием режима безопасных вычислений.

Уметь:

- осуществлять сбор и проводить анализ исходных данных для разработки программ высокопроизводительных вычислений, а также применять основные способы управления вычислительным процессом при параллельной обработке данных с использованием языков программирования C/C++ в режиме безопасных вычислений;

- применять основные методы портирования и оптимизации исходного кода программ под архитектуру «Эльбрус», разработанных на языках программирования C/C++ с использованием режима безопасных вычислений.

Владеть:

- навыками установки общего и прикладного программного обеспечения вычислительных комплексов серии «Эльбрус», разработки программного обеспечения для решения прикладных задач на языках программирования C/C++ с использованием режима безопасных вычислений в соответствии с техническим заданием, а также разработки документации с учетом требований стандартизации;

- навыками анализа научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике направлений разработки отказоустойчивых компьютерных архитектур, информационных технологий на их основе,

а также составления отчета по выполненному заданию, участия во внедрении результатов исследований и разработок.

3. Объем дисциплины (модуля).

3.1. Общая трудоемкость дисциплины (модуля).

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 6 з.е. (216 академических часа(ов)).

3.2. Объем дисциплины (модуля) в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении учебных занятий:

Тип учебных занятий	Количество часов	
	Всего	Семестр №2
Контактная работа при проведении учебных занятий (всего):	64	64
В том числе:		

Занятия лекционного типа	32	32
Занятия семинарского типа	32	32

3.3. Объем дисциплины (модуля) в форме самостоятельной работы обучающихся, а также в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении промежуточной аттестации составляет 152 академических часа (ов).

3.4. При обучении по индивидуальному учебному плану, в том числе при ускоренном обучении, объем дисциплины (модуля) может быть реализован полностью в форме самостоятельной работы обучающихся, а также в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении промежуточной аттестации.

4. Содержание дисциплины (модуля).

4.1. Занятия лекционного типа.

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
1	Определение компьютерной архитектуры. Обзор современных компьютерных архитектур. Основные тенденции в развитии технологий Рассматриваются вопросы: - определение компьютерной архитектуры, включающей три аспекта проектирования компьютеров: архитектуру системы команд, организацию, т.е. микроархитектуру, и аппаратуру; - обзор современных компьютерных архитектур и основных тенденций в развитии технологий; - понятие аппаратно-программная платформа (АПП), объединяющее в себе архитектуру микропроцессора, программу начального старта, операционную систему и компилятор.
2	Основные характеристики компьютерной архитектуры: Производительность, Системная надежность, Стоимость. Анализ факторов, влияющих на эффективности применения компьютерной архитектуры Рассматриваются вопросы: - основные характеристики компьютерной архитектуры: Производительность, Системная надежность, Стоимость; - приводится взаимосвязь производительности и надежности; - характеристики программы, как время компиляции программы, размер файла исполняемого кода, время выполнения программы, функциональная безопасность.
3	Микропроцессоры с архитектурой Эльбрус и вычислительные комплексы Рассматриваются вопросы: - принципы построения и функционирования микропроцессоров с архитектурой Эльбрус, основных характеристики вычислительных комплексов на их основе, общее программное обеспечение «Эльбрус»; - средства разработки и отладки программ

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
4	Микропроцессоры с архитектурой Эльбрус и вычислительные комплексы (продолжение) Рассматриваются вопросы: - основные источники параллелизма; - принципы оптимизации исходного текста программы компилятором; - способы получения эффективного исполняемого кода для архитектуры «Эльбрус» с использованием: 1) опций компилятора; 2) оптимизации исходного кода; 2) специализированной библиотеки математических функций EML; - анализ производительности программ
5	Сравнительный анализ технологий безопасного использования памяти с учетом аппаратно-программных особенностей вычислительных комплексов Рассматриваются вопросы: - сравнительный анализ технологий обеспечения защиты от атак, использующих нарушение целостного состояния памяти, на аппаратном уровне при помощи тегирования памяти
6	Технология безопасных вычислений Рассматриваются вопросы: - основные принципы безопасного исполнения программ в системах на базе микропроцессоров с архитектурой «Эльбрус». Архитектурная поддержка типизации данных; - модель угроз программ на языке С
7	Технология безопасных вычислений (продолжение) Рассматриваются вопросы: - решения некоторых угроз языка С в защищенном режиме; - примеры программ с уязвимостями и результаты их выполнения в обычном и защищенном режимах: 1) обращение к несуществующему элементу массива; 2) использование указателей после неправильных арифметических операций над ними; 3) использование неинициализированных значений переменных; 4) использование зависших указателей после освобождения памяти; 5) утечки памяти; 6) использование неправильных типов и/или неверного количества переменных в вызовах функций с переменным числом аргументов.
8	Основы разработки (портирования) программ на языке С для использования в режиме безопасных вычислений Рассматриваются основные способы разработки (портирования) программ на языке С для исполнения на архитектуре Эльбрус в режиме безопасных вычислений.
9	Основы разработки (портирования) программ на языке С для использования в режиме безопасных вычислений (продолжение) Рассматриваются основные способы отладки программ на языке С для исполнения на архитектуре Эльбрус в режиме безопасных вычислений
10	Подходы к разработке серверной части системы клиент-серверной архитектуры с функционально-безопасным ядром программного обеспечения на базе платформы «Эльбрус» Рассматриваются вопросы: - определение функциональной безопасности - анализ угроз функциональной безопасности - требования к функциональной безопасности в соответствии с ГОСТ Р ИСО/МЭК 15408 (ч. 1-3),

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	ГОСТ Р 58412—2019, ГОСТ Р 56939—2024, ГОСТ Р 58412—2019, ISO 26262 / IEC 61508 (международные отраслевые источники)
11	Подходы к разработке серверной части системы клиент-серверной архитектуры с функционально-безопасным ядром программного обеспечения на базе платформы «Эльбрус» (продолжение) Рассматриваются вопросы: - анализ архитектурных особенностей платформы «Эльбрус» для реализации функционально-безопасного программного обеспечения; - подходы к построению серверного программного обеспечения с учетом особенности платформы;
12	Подходы к разработке серверной части системы клиент-серверной архитектуры с функционально-безопасным ядром программного обеспечения на базе платформы «Эльбрус» (продолжение) Рассматриваются вопросы: - подходы к тестированию программного обеспечения; - оценка функциональной безопасности
13	Технология двоичной трансляции кода архитектуры x86(-64) Рассматриваются вопросы: - технология бинарной трансляции кода архитектуры x86(-64); - основы работы с бинарным транслятором уровня приложений.
14	Выбор аппаратно-программной платформы для создания компьютерной архитектуры типа SMP, Cluster, NUMA, ccNUMA Рассматриваются вопросы: - Анализ конкретных требований и вычислительных задач; - функциональные, технические, эксплуатационные характеристики вычислительных комплексов; - стек программного обеспечения, назначение, характеристики, способы применения. - способы построения аппаратно-программной платформы (АПП), архитектура узла, топологии связей объединения узлов, модели и средства организации вычислительного процесса, виртуализация, программная экосистема, включая резервирование, мониторинг состояния параметров функционирования
15	Выбор аппаратно-программной платформы для создания компьютерной архитектуры типа SMP, Cluster, NUMA, ccNUMA (продолжение) Рассматриваются вопросы: - способы построения технологии и особенности функционирования отказоустойчивых компьютерных архитектур, - архитектура узла, топологии связей объединения узлов, модели и средства организации вычислительного процесса, виртуализация, программная экосистема, повышение отказоустойчивости
16	Методы испытаний вычислительных комплексов и систем Рассматриваются вопросы: - методы испытаний вычислительных комплексов и систем на соответствие функциональным, техническим, эксплуатационным требованиям и требованиям информационной и функциональной безопасности

4.2. Занятия семинарского типа.

Лабораторные работы

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
1	Управление динамической памятью вычислительного процесса В результате выполнения работы студент получает навыки создания программ на языках программирования C/C++ при помощи средств разработки, входящих в состав ОС Debian, и применения отладчика gdb для исследования стека исполняемых процессов программ.
2	Оценка производительности микропроцессора «Эльбрус-4С», «Эльбрус-8С» и вычислительных комплексов «Эльбрус-401РС», «Эльбрус-801РС» «Эльбрус-804» В результате выполнения работы студент получает навыки оценки производительности микропроцессоров «Эльбрус»
3	Модель угроз программ на языке С. Защищенный режим В результате выполнения работы студент получает навыки разработки, отладки и запуска сценариев (программ) на языке C/C++, в обычном режиме и защищенном
4	Основы разработки (портирования) программ на языке C/C++ для использования в режиме безопасных вычислений В результате выполнения работы студент получает навыки разработки (портирования) программ на языке C/C++ для исполнения на архитектуре Эльбрус в режиме безопасных вычислений.
5	Основы разработки программного обеспечения клиент-серверной архитектуры с функционально-безопасным ядром на базе платформы «Эльбрус» В результате выполнения работы студент получает навыки разработки программного обеспечения клиент-серверной архитектуры с функционально-безопасным ядром на базе платформы «Эльбрус» с использованием режима безопасных вычислений
6	Основы работы с бинарным транслятором уровня приложений операционной системы «Эльбрус». Разработка программы на языке С и анализ ее работы в окружении бинарного транслятора В результате выполнения работы студент получает навыки разработки, отладки и запуска программ на языке C/C++ в режиме бинарной трансляции кодов архитектуры Intel x86 на отечественной архитектуре e2k. Развить у обучающихся желание к повышению уровня профессиональных знаний в области методов и способов эксплуатации алгоритмического обеспечения отечественных вычислительных комплексов «Эльбрус»
7	Анализ времени выполнения программ. Профилирование кода и поиск критических участков исполняемого кода программы В результате выполнения работы студент получает навыки поиска и анализа критических участков исполняемого кода программы с целью их последующей оптимизации, обеспечивающей сокращение времени выполнения программы в целом
8	Разработка эффективных программ для отечественной архитектуры «Эльбрус», включающих в свой состав большое число циклов, рекурсий и специальных арифметических операций, а также с использованием высокопроизводительной математической библиотеки EML В результате выполнения работы студент получает навыки разработки эффективных программ для отечественной архитектуры «Эльбрус Линукс», а также общие архитектурно независимые рекомендации по написанию эффективных программ, включающих в свой состав большое число циклов, рекурсий и специальных арифметических операций, а также использование высокопроизводительной математической библиотеки EML
9	Параллельное программирование на OpenMP В результате выполнения работы студент получает навыки по созданию параллельной многопоточной программы умножения больших матриц на языке C/C++ при помощи технологии автоматического распараллеливания OpenMP в ОС семейства Linux (ОС Debian, ОС «Эльбрус Линукс»)

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
10	Параллельное программирование с использованием библиотеки libC (syscall: fork(), clone()) В результате выполнения работы студент получает навыки по параллельному программированию с использованием библиотеки libC
11	Многопоточные приложения в ОС Debian В результате выполнения работы студент получает навыки работе с интерфейсной библиотекой API-функций Pthreads и написанием программы на языке C++ с использованием библиотеки libpthread, позволяющую запускать в многопоточном режиме процедуру произведения матриц.
12	Организация распределенных вычислений с использованием библиотеки mpich2 в ОС семейства Linux (ОС Debian, ОС «Эльбрус Линукс») В результате выполнения работы студент получает навыки разработки программы на языке C/C++ с использованием библиотеки mpich2, реализующей параллельную версию алгоритма сортировки слиянием
13	Организация распределенных вычислений с использованием параллельной виртуальной машины PVM в ОС семейства Linux (ОС Debian) В результате выполнения работы студент получает навыки использования библиотеки libpvm3, реализующую параллельную версию алгоритма сортировки слиянием
14	Организация распределенных вычислений с использованием технологии виртуализации на основе KVM в ОС «Debian» В результате выполнения работы студент получает навыки работы со средствами виртуализации на основе KVM в ОС семейства Linux (ОС «Debian»)
15	Создание и работа с контейнерами в ОС «Debian» и ОС «Эльбрус Линукс» В результате выполнения работы студент получает навыки работы с контейнерами в ОС «Debian» и ОС «Эльбрус Линукс».
16	Создание менеджера ресурсов кластера с использованием программного обеспечения Pacemaker В результате выполнения работы студент получает навыки создания менеджера ресурсов кластера с использованием программного обеспечения Pacemaker

4.3. Самостоятельная работа обучающихся.

№ п/п	Вид самостоятельной работы
1	Изучение основ отладки программ, разработанных на языках программирования C/C++, с использованием gdb в среде операционной системы Debian версий 9, 10
2	Подготовка к практическим занятиям
3	Изучение учебной литературы из приведенных источников
4	Подготовка к промежуточной аттестации.
5	Подготовка к текущему контролю.

5. Перечень изданий, которые рекомендуется использовать при освоении дисциплины (модуля).

№ п/п	Библиографическое описание	Место доступа
----------	----------------------------	---------------

1	Хеннесси Д.Л., Паттерсон Д.А. Компьютерная архитектура. Количественный подход. Издание 5-е. – М.: ТЕХНОСФЕРА, 2016- 936 с. : ил. - (Мир радиоэлектроники). - Библиогр.: с. 839-868. - 1500 экз. - ISBN 978-5-94836- 413-1	Научно-техническая библиотека МИИТ (дата обращения 010.10.2025) полочный шифр004 X 38 Текст : непосредственный.10 экз.
2	Программирование на языке Си: практикум для студ. напр. 09.03.01 Информатика и вычислительная техника (Системы автоматизированного проектирования) / М. А. Гуркова, Э. Р. Резникова; МИИТ. Каф. Системы автоматизированного проектирования. - М.: РУТ (МИИТ), 2020. - 70 с. - Б. ц.	https://library.mii.ru/bookscatalog/metod/DC-1351.pdf (дата обращения: 22.10.2025)
3	Язык C++. Структуры данных и динамическое выделение памяти: метод. указ. к лаб. раб. по дисц. Алгоритмические языки и программирование для студ. напр. Информатика и вычислительная техника, Информационные системы и технологии / А.В. Варфоломеев; МИИТ. Каф. Автоматизированные системы управления. - М.: МИИТ, 2011. - 58 с. - Библиогр.: с. 58.	https://library.mii.ru/bookscatalog/metod/03-41524.pdf (дата обращения: 22.10.2025)

6. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, которые могут использоваться при освоении дисциплины (модуля).

- Разделы «Главное», «Наука и образование», «Публикации» на сайте «МЦСТ «Эльбрус». Российские микропроцессоры и вычислительные комплексы», <http://www.mcst.ru>

- Интернет-университет информационных технологий
<http://www.intuit.ru/>

- Тематический форум по информационным технологиям
<http://habrahabr.ru/>

7. Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства, необходимого для освоения дисциплины (модуля).

1.Дистрибутив ОС «Эльбрус-Linux» в составе комплекта поставки ВК «Эльбрус-801РС», ВК «Эльбрус-804».

2.Дистрибутив ОС Debian версии 9, 10.

8. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю).

Учебная аудитория (Компьютерный класс) для проведения учебных занятий (занятий лекционного типа, практических занятий):

- компьютер преподавателя, мультимедийное оборудование, рабочие станции студентов, доска.

Аудитория подключена к сети «Интернет».

9. Форма промежуточной аттестации:

Экзамен во 2 семестре.

10. Оценочные материалы.

Оценочные материалы, применяемые при проведении промежуточной аттестации, разрабатываются в соответствии с локальным нормативным актом РУТ (МИИТ).

Авторы:

доцент, к.н. кафедры
«Вычислительные системы, сети и
информационная безопасность»

Н.А. Шаменков

Согласовано:

Заведующий кафедрой ВССиИБ

Б.В. Желенков

Председатель учебно-методической
комиссии

Н.А. Андриянова