МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»
(РУТ (МИИТ)

Рабочая программа дисциплины (модуля),
как компонент образовательной программы
базового высшего образования
по специальности
10.05.01 Компьютерная безопасность,
утвержденной первым проректором РУТ (МИИТ)
Тимониным В.С.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Отказоустойчивые компьютерные архитектуры

Специальность: 10.05.01 Компьютерная безопасность

Специализация: Безопасность компьютерных систем и сетей (в сфере связи, информационных и коммуникационных технологий)

Форма обучения: Очная

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-7 - Способен разрабатывать политики безопасности, политики управления доступом и информационными потоками в компьютерных системах с учетом угроз безопасности информации и требований по защите информации;

ПК-6 - Способность анализировать архитектуру, компоненты и характеристики телекоммуникационных и автоматизированных систем, выявлять потенциальные уязвимости и оценивать информационные риски;

ПК-11 - Способность разрабатывать и формализовывать требования к безопасности информации, а также создавать и внедрять политики безопасности для компьютерных систем и сетей с учетом актуальных угроз и стандартов.

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

Знать:

- принципы построения и функционирования вычислительных комплексов с архитекурой «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:

- анализировать архитектуру, компоненты и характеристики телекоммуникационных и автоматизированных систем, выявлять потенциальные уязвимости и оценивать информационные риски;

- 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;

- навыками разработки политики безопасности, политики управления доступом и информационными потоками в компьютерных системах с учетом угроз безопасности информации и требований по защите информации;

- навыками разрабатывать и формализовывать требования к безопасности информации, а также создавать и внедрять политики безопасности для компьютерных систем и сетей с учетом актуальных угроз и стандартов.

3. Объем дисциплины (модуля).

3.1. Общая трудоемкость дисциплины (модуля).

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 4 з.е. (144 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 №9
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 80 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; - характеристики программы, как время компиляции программы, размер файла исполняемого кода, время выполнения программы.
2	Основные характеристики компьютерной архитектуры: Производительность, Системная надежность, Стоимость. Анализ факторов, влияющих на эффективности

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	применения компьютерной архитектуры Рассматриваются вопросы: - основные характеристики компьютерной архитектуры: Производительность, Системная надежность, Стоимость; - приводится взаимосвязь производительности и надежности, понятие отказоустойчивости: SLA, MTBF, модели надёжности - рассматриваются архитектуры высокой доступности: NUMA, SMP, репликация.
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
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 производиельности программ
5	Технология двоичной трансляции кода архитектуры x86(-64) Рассматриваются вопросы: - технология бинарной трансляции кода архитектуры x86(-64); - основы работы с бинарным транслятором уровня приложений
6	Сравнительный анализ технологий безопасного использования памяти с учетом аппаратно-программных особенностей вычислительных комплексов Рассматриваются вопросы: - актуальность тегирования памяти, ошибки и уязвимости в программном обеспечении; - модель угроз программ на языке С; - сравнительный анализ технологий безопасного использования памяти с учетом аппаратно-программных особенностей вычислительных комплексов
7	Технология безопасных вычислений Рассматриваются вопросы: - основные принципы безопасного исполнения программ в системах на базе микропроцессоров с архитектурой «Эльбрус». Архитектурная поддержка типизации данных; - осноны использования технологии безопасных вычислений
8	Технология безопасных вычислений (продолжение) Рассматриваются вопросы: - решения некоторых угроз языка С в защищенном режиме; - примеры программ с уязвимостями и результаты их выполнение 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;

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	6) использование неправильных типов и/или неверного количества переменных в вызовах функций с переменным числом аргументов.
9	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.
10	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
11	Функциональная безопасность в соответствии с ГОСТ Р 56939-2024 Рассматриваются вопросы: - определение функциональной безопасности; - анализ угроз функциональной безопасности; - требования к фукнциональной безопасности в соответствии с ГОСТ Р ИСО/МЭК 15408 (ч. 1-3), ГОСТ Р 58412—2019, ГОСТ Р 56939—2024, ГОСТ Р 58412—2019, ISO 26262 / IEC 61508 (международные отраслевые источники)
12	Подходы к разработке серверной части системы клиент-серверной архитектуры с функционально-безопасным ядром программного обеспечения Рассматриваются вопросы: - анализ архитектурных особенностей аппаратно-программной платформы для реализации функционально-безопасного программного обеспечения; - подходы к построению серверного программного обеспечения с учетом особенности платформы
13	Подходы к разработке серверной части системы клиент-серверной архитектуры с функционально-безопасным ядром программного обеспечения (продолжение) Рассматриваются вопросы: - подходы к тестированию программного обеспечения; - оценка функциональной безопасности
14	Выбор аппаратно-программной платформы для создания отказоустойчивой компьютерной архитектуры Рассматриваются вопросы: - анализ требований и вычислительных задач; - функциональные, технические, эксплуатационные характеристики вычислительных комплексов; - аппаратные методы: резервирование, ECC, RAID; - стек программного обеспечения, назначение, характеристики, способы применения; - программные решения отказоустойчивости: Pacemaker, DRBD, Ceph
15	Выбор аппаратно-программной платформы для создания отказоустойчивой компьютерной архитектуры (продолжение) Рассматриваются вопросы: - способы построения аппаратно-программной платформы (АПП), архитектура узла, топологии связей объединения узлов, модели и средства организации вычислительного процесса, виртуализация; - балансировка и масштабирование в вычислительных средах; - мониторинг и автоматизация восстановления: Prometheus, Keepalived
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	Определение эффективности современной компьютерной архитектуры при реализации программ, содержащих большое число циклов, рекурсий и специальных арифметических функций В результате выполнения работы студент получает навыки к определению эффективности современной компьютерной архитектуры при реализации программ, содержащих большое число циклов, рекурсий и специальных арифметических функций
2	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.
3	Регистровый файл микропроцессоров «Эльбрус». Выполнение команд в спекулятивном и полуспекулятивном режимах исполнения В результате выполнения работы студент получает практические умения анализа ассемблерного кода «Эльбрус». Развить у обучающихся желание к повышению уровня профессиональных знаний в области методов и способов эксплуатации средств вычислительной техники архитектуры Эльбрус
4	Оценка производительности микропроцессора «Эльбрус-8С» и вычислительных комплексов «Эльбрус-801РС» и «Эльбрус-804» В результате выполнения работы студент получает навыки оценки производительности микропроцессоров «Эльбрус»
5	Разработка эффективных программ для отечественной архитектуры «Эльбрус», использующих технологию предварительной подкачки элементов неструктурированных массивов данных В результате выполнения работы студент получает навыки разработки эффективных программ для отечественной архитектуры «Эльбрус», а также общие архитектурно независимые рекомендации по написанию эффективных программ, использующих технологию предварительной подкачки элементов неструктурированных массивов данных
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	Модель угроз программ на языке С. Режим безопасных вычислений аппаратно-программной платформы «Эльбрус» В результате выполнения работы студент получает навыки разработки, отладки и запуска программ на языке C/C++ в режиме безопасных вычислений
8	Модель угроз программ на языке C/C++. Механизм ARM MTE (Memory Tagging Extension) В результате выполнения работы студент получает навыки разработки, отладки и запуска программ на языках C/C++ в обычном режиме и с использованием механизма MTE (Memory Tagging

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
	Extension,) под управлением операционной системы Linux для архитектуры ARM64 с поддержкой MTE в виртуальной машине QEMU
9	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.
10	Основы разработки программного обеспечения клиент-серверной архитектуры с функционально-безопасным ядром В результате выполнения работы студент получает навыки разработки программного обеспечения клиент-серверной архитектуры с функционально-безопасным ядром на базе технологии тегированной защиты памяти
11	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
12	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
13	Средства организации параллельных и распределенных вычислений на уровне потоков и процессов в сокременных компьютерных архитектурах В результате выполнения работы студент получает навыки по созданию параллельных и рапределенных программ в ОС семейства Linux (ОС Debian, ОС «Эльбрус Линукс») с использованием технологий MPI, OpenMP, lpthread, fork()
14	Основы создания отказоустойчичивого кластера с использованием технологиии MPI В результате выполнения работы студент получает навыки по созданию на базе виртуальных машин в среде ОС Debian отказоустойчивого кластера с использованием технологиии MPI
15	Основы создания отказоустойчивый кластер с Pacemaker и DRBD В результате выполнения работы студент получает навыки по созданию на базе виртуальных машин в среде ОС Debian отказоустойчивого кластера с Pacemaker и DRBD (Distributed Replicated Block Device)
16	Основы организации стресс-тестирование и анализ сбойных сценариев В результате выполнения работы студент получает навыки по организации стресс-тестирование и анализ сбойных сценариев

4.3. Самостоятельная работа обучающихся.

№ п/п	Вид самостоятельной работы
1	Подготовка к практическим занятиям

№ п/п	Вид самостоятельной работы
2	Изучение учебной литературы из приведенных источников
3	Подготовка к промежуточной аттестации.
4	Подготовка к текущему контролю.

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

№ п/п	Библиографическое описание	Место доступа
1	Операционные системы: учеб. пособие для студ. спец. САПР и строительных спец. / В.Ю. Смирнов, О.В. Смирнова; МИИТ. Каф. САПР транспортных конструкций и сооружений. - М.: МИИТ, 2007. - 152 с. : ил. - Библиогр.: с. 152.	https://library.miit.ru/miitpublishing/04-35230.pdf (дата обращения 15.07.2026)
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.miit.ru/bookscatalog/metod/DC-1351.pdf (дата обращения: 07.06.2026)
3	Язык С++. 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. - 49.11 р.	https://library.miit.ru/bookscatalog/metod/03-41524.pdf (дата обращения: 07.06.2026)

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 13.

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 в 9 семестре.

10. Оценочные материалы.

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

Авторы:

Н.А. Шаменков

Согласовано:

Заведующий кафедрой ВССиИБ Б.В. Желенков

Председатель учебно-методической комиссии Н.А. Андриянова