

**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

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: 09.06.2026

## 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 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:**

- 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	<p>Определение компьютерной архитектуры. Обзор современных компьютерных архитектур. Основные тенденции в развитии технологий</p> <p>Рассматриваются вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- определение компьютерной архитектуры, включающей три аспекта проектирования компьютеров: архитектуру системы команд, организацию, т.е. микроархитектуру, и аппаратуру;</li> <li>- обзор современных компьютерных архитектур и основных тенденций в развитии технологий;</li> <li>- понятие аппаратно-программная платформа (АПП), объединяющее в себе архитектуру микропроцессора, программу начального старта, операционную систему и компилятор;</li> <li>- характеристики программы, как время компиляции программы, размер файла исполняемого кода, время выполнения программы.</li> </ul>
2	<p>Основные характеристики компьютерной архитектуры: Производительность, Системная надежность, Стоимость. Анализ факторов, влияющих на эффективности</p>

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	<p>применения компьютерной архитектуры</p> <p>Рассматриваются вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основные характеристики компьютерной архитектуры: Производительность, Системная надежность, Стоимость;</li> <li>- приводится взаимосвязь производительности и надежности, понятие отказоустойчивости: SLA, MTBF, модели надёжности</li> <li>- рассматриваются архитектуры высокой доступности: NUMA, SMP, репликация.</li> </ul>
3	<p>Микропроцессоры с архитектурой Эльбрус и вычислительные комплексы</p> <p>Рассматриваются вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- принципы построения и функционирования микропроцессоров с архитектурой Эльбрус, основных характеристики вычислительных комплексов на их основе, общее программное обеспечение «Эльбрус»;</li> <li>- средства разработки и отладки программ</li> </ul>
4	<p>Микропроцессоры с архитектурой Эльбрус и вычислительные комплексы (продолжение)</p> <p>Рассматриваются вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основные источники параллелизма;</li> <li>- принципы оптимизации исходного текста программы компилятором;</li> <li>- способы получения эффективного исполняемого кода для архитектуры «Эльбрус» с использованием: <ul style="list-style-type: none"> <li>1) опций компилятора;</li> <li>2) оптимизации исходного кода;</li> <li>2) специализированной библиотеки математических функций EML;</li> </ul> </li> <li>- анализ производительности программ</li> </ul>
5	<p>Технология двоичной трансляции кода архитектуры x86(-64)</p> <p>Рассматриваются вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- технология бинарной трансляции кода архитектуры x86(-64);</li> <li>- основы работы с бинарным транслятором уровня приложений</li> </ul>
6	<p>Сравнительный анализ технологий безопасного использования памяти с учетом аппаратно-программных особенностей вычислительных комплексов</p> <p>Рассматриваются вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- актуальность тегирования памяти, ошибки и уязвимости в программном обеспечении;</li> <li>- модель угроз программ на языке C;</li> <li>- сравнительный анализ технологий безопасного использования памяти с учетом аппаратно-программных особенностей вычислительных комплексов</li> </ul>
7	<p>Технология безопасных вычислений</p> <p>Рассматриваются вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основные принципы безопасного исполнения программ в системах на базе микропроцессоров с архитектурой «Эльбрус». Архитектурная поддержка типизации данных;</li> <li>- основы использования технологии безопасных вычислений</li> </ul>
8	<p>Технология безопасных вычислений (продолжение)</p> <p>Рассматриваются вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- решения некоторых угроз языка C в защищенном режиме;</li> <li>- примеры программ с уязвимостями и результаты их выполнения в обычном и защищенном режимах: <ul style="list-style-type: none"> <li>1) обращение к несуществующему элементу массива;</li> <li>2) использование указателей после неправильных арифметических операций над ними;</li> <li>3) использование неинициализированных значений переменных;</li> <li>4) использование зависших указателей после освобождения памяти;</li> <li>5) утечки памяти;</li> </ul> </li> </ul>

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	б) использование неправильных типов и/или неверного количества переменных в вызовах функций с переменным числом аргументов.
9	<b>Основы разработки (портирования) программ на языке С для использования в режиме безопасных вычислений</b> Рассматриваются основные способы разработки (портирования) программ на языке С для исполнения на архитектуре Эльбрус в режиме безопасных вычислений.
10	<b>Основы разработки (портирования) программ на языке С для использования в режиме безопасных вычислений (продолжение)</b> Рассматриваются основные способы отладки программ на языке С для исполнения на архитектуре Эльбрус в режиме безопасных вычислений
11	<b>Функциональная безопасность в соответствии с ГОСТ Р 56939-2024</b> Рассматриваются вопросы: - определение функциональной безопасности; - анализ угроз функциональной безопасности; - требования к функциональной 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	<b>Подходы к разработке серверной части системы клиент-серверной архитектуры с функционально-безопасным ядром программного обеспечения</b> 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	<b>Подходы к разработке серверной части системы клиент-серверной архитектуры с функционально-безопасным ядром программного обеспечения (продолжение)</b> Рассматриваются вопросы: - подходы к тестированию программного обеспечения; - оценка функциональной безопасности
14	<b>Выбор аппаратно-программной платформы для создания отказоустойчивой компьютерной архитектуры</b> 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	<b>Выбор аппаратно-программной платформы для создания отказоустойчивой компьютерной архитектуры (продолжение)</b> 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	<b>Методы испытаний вычислительных комплексов и систем</b> 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	<p>Определение эффективности современной компьютерной архитектуры при реализации программ, содержащих большое число циклов, рекурсий и специальных арифметических функций</p> <p>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</p>
2	<p>Управление динамической памятью вычислительного процесса</p> <p>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.</p>
3	<p>Регистровый файл микропроцессоров «Эльбрус». Выполнение команд в спекулятивном и полуспекулятивном режимах исполнения</p> <p>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</p>
4	<p>Оценка производительности микропроцессора «Эльбрус-8С» и вычислительных комплексов «Эльбрус-801РС» и «Эльбрус-804»</p> <p>В результате выполнения работы студент получает навыки оценки производительности микропроцессоров «Эльбрус»</p>
5	<p>Разработка эффективных программ для отечественной архитектуры «Эльбрус», использующих технологию предварительной подкачки элементов неструктурированных массивов данных</p> <p>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</p>
6	<p>Основы работы с бинарным транслятором уровня приложений операционной системы «Эльбрус». Разработка программы на языке C и анализ ее работы в окружении бинарного транслятора</p> <p>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»</p>
7	<p>Модель угроз программ на языке C. Режим безопасных вычислений аппаратно-программной платформы «Эльбрус»</p> <p>В результате выполнения работы студент получает навыки разработки, отладки и запуска программ на языке C/C++ в режиме безопасных вычислений</p>
8	<p>Модель угроз программ на языке C/C++. Механизм ARM MTE (Memory Tagging Extension)</p> <p>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</p>

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
	Extension,) под управлением операционной системы Linux для архитектуры ARM64 с поддержкой MTE в виртуальной машине QEMU
9	<b>Основы разработки (портирования) программ на языке C/C++ для использования в режиме безопасных вычислений</b> В результате выполнения работы студент получает навыки разработки (портирования) программ на языке C/C++ для исполнения на архитектуре Эльбрус в режиме безопасных вычислений.
10	<b>Основы разработки программного обеспечения клиент-серверной архитектуры с функционально-безопасным ядром</b> В результате выполнения работы студент получает навыки разработки программного обеспечения клиент-серверной архитектуры с функционально-безопасным ядром на базе технологии тегированной защиты памяти
11	<b>Анализ времени выполнения программ. Профилирование кода и поиск критических участков исполняемого кода программы</b> 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	<b>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</b> 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	<b>Средства организации параллельных и распределенных вычислений на уровне потоков и процессов в современных компьютерных архитектурах</b> В результате выполнения работы студент получает навыки по созданию параллельных и распределенных программ в ОС семейства Linux (ОС Debian, ОС «Эльбрус Линукс») с использованием технологий MPI, OpenMP, lpthread, fork()
14	<b>Основы создания отказоустойчивого кластера с использованием технологии MPI</b> В результате выполнения работы студент получает навыки по созданию на базе виртуальных машин в среде ОС Debian отказоустойчивого кластера с использованием технологии MPI
15	<b>Основы создания отказоустойчивый кластер с Pacemaker и DRBD</b> 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	<b>Основы организации стресс-тестирование и анализ сбойных сценариев</b> 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	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 07.06.2026) 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.	<a href="https://library.miit.ru/bookscatalog/metod/DC-1351.pdf">https://library.miit.ru/bookscatalog/metod/DC-1351.pdf</a> (дата обращения: 07.06.2026)
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. - 49.11 р.	<a href="https://library.miit.ru/bookscatalog/metod/03-41524.pdf">https://library.miit.ru/bookscatalog/metod/03-41524.pdf</a> (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:

доцент, к.н. кафедры  
«Вычислительные системы и  
квантовые коммуникации»

Н.А. Шаменков

Согласовано:

Заведующий кафедрой ВССиИБ  
Председатель учебно-методической  
комиссии

Б.В. Желенков

Н.А. Андриянова