

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Московский физико-технический институт
(национальный исследовательский университет)»**

УТВЕРЖДЕНО

**Директор физтех-школы
радиотехники и компьютерных
технологий**

А.В. Дворкович

Рабочая программа дисциплины (модуля)

по дисциплине:	Архитектура высокопроизводительных микропроцессоров и вычислительных систем
по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Радиотехника и компьютерные технологии Физтех-школа Радиотехники и Компьютерных Технологий кафедра информатики и вычислительной техники
курс:	4
квалификация:	бакалавр

Семестры, формы промежуточной аттестации:

7 (осенний) - Дифференцированный зачет

8 (весенний) - Экзамен

Аудиторных часов: 60 всего, в том числе:

лекции: 60 час.

семинары: 0 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 45 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 135, всего зач. ед.: 3

Программу составил: В.М. Фельдман, д-р техн. наук, старший научный сотрудник

Программа обсуждена на заседании кафедры информатики и вычислительной техники 18.05.2020

Аннотация

Данный курс предназначен для изучения базовых принципов построения архитектуры микропроцессорных вычислительных устройств и систем. В рамках данного курса будет рассмотрена история и современные тенденции развития вычислительных систем, представление в них информации и архитектурные методы повышения производительности. Студенты изучат подходы в выборе системы команд микропроцессоров различных архитектурных платформ, структуру основных трактов обработки команд в современных микропроцессорах, методы построения иерархии памяти вычислительных средств, организацию подсистем ввода-вывода, принципы построения многопроцессорных и кластерных вычислительных систем. Студенты научатся проводить анализ новой информации о компьютерах разных архитектурных платформ, выбирать при проектировании микропроцессорных систем уровень организации вычислений в зависимости от класса решаемых задач, ориентироваться в оценке множества критериев при выборе конкретной архитектурной платформы и системы команд. Курс проходит в формате лекционных и самостоятельных занятий. Для успешного прохождения данного курса необходимо посещение и конспектирование лекций, а также самостоятельная работа с дополнительной литературой.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

представление теоретических основ, технических решений и схемотехнических принципов, являющихся основой архитектуры вычислительных средств, построенных на базе микропроцессоров. Курс последовательно дает понятия архитектуры, структуры и системы команд высокопроизводительного микропроцессора, а также методов построения сложных микропроцессорных систем.

Задачи дисциплины

- выбора архитектуры микропроцессора, сбалансированной с позиций класса решаемых задач и организации вычислений;
- методов оценки производительности микропроцессоров и микропроцессорных систем;
- организации управления в высокопроизводительных микропроцессорах с использованием методов динамического и статического планирования и повышения степени параллелизма вычислений;
- построения многоуровневой иерархии памяти с аппаратной поддержкой ее когерентности;
- базовых технологий организации многопроцессорных систем и многомашинных вычислительных комплексов;
- разработки микропроцессорных наборов и коммуникационных средств для организации высокопроизводительных вычислительных систем.

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1 Анализирует задачу, выделяя этапы ее решения, действия по решению задачи
	УК-1.2 Находит, критически анализирует и выбирает информацию, необходимую для решения поставленной задачи
	УК-1.3 Рассматривает различные варианты решения задачи, оценивает их преимущества и недостатки
	УК-1.4 Грамотно, логично, аргументированно формирует собственные суждения и оценки
	УК-1.5 Определяет и оценивает практические последствия возможных вариантов решения задачи
ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области физико-математических и (или) естественных наук и использовать их в	ОПК-1.1 Способен анализировать поставленную задачу, намечать пути ее решения
	ОПК-1.2 Способен строить математические модели, производить количественные расчеты и оценки

естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1.3 Способен определять границы применимости полученных результатов
ОПК-4 Способен осуществлять сбор и обработку научно-технической и (или) технологической информации для решения фундаментальных и прикладных задач	ОПК-4.1 Владеет методами научного поиска и интеллектуального анализа информации при решении задач профессиональной деятельности
	ОПК-4.4 Владеет навыками работы с компьютером и компьютерными сетями с целью получения, хранения и обработки научной (технической, технологической) информации
ПК-4 Способен критически оценивать применимость используемых методик и методов	ПК-4.1 Знает численные порядки величин, характерных для соответствующей профессиональной области
	ПК-4.3 Способен обосновать причинно-следственные отношения используемых понятий и моделей

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- историю и современные тенденции развития вычислительных систем;
- основные составляющие архитектуры микропроцессоров и вычислительных комплексов, представление в них информации и архитектурные принципы повышения производительности;
- принципы построения системы команд микропроцессоров различных архитектурных платформ;
- структуру основных трактов обработки команд в современных микропроцессорах;
- структуры данных: стеки, очереди, списки, деревья, таблицы;
- организацию подсистем ввода-вывода;
- принципы построения многопроцессорных и кластерных вычислительных систем;
- современные технические и программные средства взаимодействия с вычислительным комплексом.

уметь:

- проводить анализ новой информации о компьютерах разных архитектур;
- выбирать при проектировании микропроцессорных систем уровень организации вычислений в зависимости от класса решаемых задач;
- ориентироваться в оценке множества критериев при выборе конкретной архитектурной платформы и системы команд;
- оценивать сбалансированность времен исполнения различных команд при построении конвейеров исполнительных трактов микропроцессора;
- сравнивать затраты на построение того или иного блока микропроцессора;
- выбирать методы организации управления в микропроцессорных системах;
- строить структуры кэш-памятей для хранения команд и данных;
- пользоваться различными способами обеспечения эффективности иерархии памяти;
- выбирать структуру и характеристики микропроцессорного набора для вычислительных систем различного назначения;
- встраивать в структуру микропроцессоров отладочные и диагностические средства.

владеть:

- методами выбора элементной базы для построения различных архитектур вычислительных средств;
- методами оценки производительности микропроцессоров и микропроцессорных систем;
- технологией проектирования микропроцессора с учетом выбранных характеристик;
- механизмами оптимизации конвейера выполнения команд для получения максимальной степени распараллеливания операций.

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Введение в курс.	4			2
2	Архитектура современного универсального микропроцессора, основные характеристики.	5			2
3	Методы оценки производительности, методология проектирования.	4			2
4	Структурная схема, система команд, конвейер.	5			2
5	Тракт выборки команд.	5			2
6	Организация управления в микропроцессоре.	7			5
7	Исполнительные блоки.	6			12
8	Иерархия памяти.	7			3
9	Внешний интерфейс, микропроцессорные наборы.	5			3
10	Вычислительные системы.	7			6
11	Отладочные и диагностические средства, аппаратный контроль.	5			6
Итого часов		60			45
Подготовка к экзамену		30 час.			
Общая трудоёмкость		135 час., 3 зач.ед.			

4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 7 (Осенний)

1. Введение в курс.

История отечественной вычислительной техники. Архитектура современного вычислительного средства – это архитектура микропроцессорной системы.

Микропроцессоры 70-х годов (от миниЭВМ к МП).

2. Архитектура современного универсального микропроцессора, основные характеристики.

Уровень организации вычислений.

Система команд.

Набор вычислительных средств.

Пользовательский интерфейс.

Механизмы защиты программ и данных.

Первые МП, CISC, RISC и postRISC архитектуры.

Характеристики микропроцессоров.

3. Методы оценки производительности, методология проектирования.

Методы оценки производительности.

Маршрут проектирования.
Ресурсы проектирования.

4. Структурная схема, система команд, конвейер.

Структура микропроцессоров различных архитектурных платформ.
Организация конвейера в CISC - микропроцессорах, простых RISC – микропроцессорах, суперскалярных и VLIW – микропроцессорах.
Основные группы команд в системах команд МП. Режимы адресации.

5. Тракт выборки команд.

Формат и размер команд.
Конвейерная выборка команд.
Кэш команд, trace кэш, предподкачка команд.
Обработка переходов. Предсказание переходов.

6. Организация управления в микропроцессоре.

Дешифраторы в МП с большим числом режимов адресации.
Упрощение дешифраторов в первых RISC-МП.
Группирование команд в суперскалярных МП.
Переименование регистров в суперскалярных МП.
Элементы управления в конвейерных структурах с динамическим планированием потока команд (scoreboarding, reservation station, reorder buffer).
Дешифрация широкой команды VLIW МП.
Отложенная запись и bypass в RISC МП.
Восстановление программного порядка команд в суперскалярных МП.
Проблема точного прерывания в МП.

Семестр: 8 (Весенний)

7. Исполнительные блоки.

Реализация регистрового файла в МП.
Целочисленные блоки.
Вещественные блоки.
Специализированные блоки.

8. Иерархия памяти.

Причины появления иерархии памяти.
Влияние на производительность МП времени выполнения команд load и store,
Кэш-память данных первого уровня.
Поддержка работы с виртуальной памятью.
Механизмы работы с большими массивами данных.
Кэш-память второго (третьего) уровня.
Механизмы поддержания когерентности в иерархии памяти.
Организация основной памяти.

9. Внешний интерфейс, микропроцессорные наборы.

Структура внешнего интерфейса МП.

Микропроцессорные наборы.

Шины.

Кольца.

Коммутаторы.

Сети.

10. Вычислительные системы.

Desktop PC и network PC.

Рабочие станции.

Серверы.

Кластерные системы.

MPP.

SMP.

NUMA.

Процессоры цифровой обработки сигналов (DSP). Графические и multimedia - процессоры.

Микропроцессоры для встроенных применений.

Объединение динамической и статической памяти с микропроцессором на одном кристалле.

Вычислительные системы на одном кристалле.

Мультипроцессор на одном кристалле.

Мультипотокковые структуры.

Архитектура, настраиваемая под различные задачи.

11. Отладочные и диагностические средства, аппаратный контроль.

Аппаратный контроль в ЭВМ и МП.

Отладочные и диагностические средства.

Стандарт JTAG.

LSSD, BIST.

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

компьютер и мультимедийное оборудование (проектор, звуковая система).

6.Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Компьютерная архитектура. Количественный подход [Текст] : [учеб. пособие для вузов] / Дж. Хеннесси, Д. Паттерсон ; пер. с англ. М. В. Таранчевой ; под ред. А. К. Кима .— 5-е изд. — М. : ТЕХНОСФЕРА, 2016 .— 936 с.
2. Архитектура компьютера [Текст] : учеб. пособие для вузов / Н. Б. Догадин .— М. : БИНОМ. Лаб. знаний, 2008 .— 271 с.
3. Архитектура компьютера [Текст] : [учеб. пособие для вузов] / Э. Таненбаум, Т. Остин ; [пер. с англ. Е. Матвеев] .— 6-е изд. — СПб. : Питер, 2014 .— 816 с

Дополнительная литература

1. Вычислительные системы и синхронная арифметика [Текст] : [учеб. пособие для вузов] / М. А. Карцев, В. А. Брик .— М. : Радио и связь, 1981 .— 359 с.

2. Микропроцессоры и вычислительные комплексы семейства "Эльбрус" [Текст] : учеб. пособие для вузов / А. К. Ким, В. И. Перекатов, С. Г. Ермаков ; МЦСТ, ИНЭУМ им И. С. Брука, Моск. физ.-техн. ин-т (гос. ун-т), Военно-косм. акад. им. А. Ф. Можайского .— СПб. : Питер, 2013 .— 272 с.
3. Параллелизм вычислительных процессов и развитие архитектуры суперЭВМ [Текст], сб. статей/В. С. Бурцев , -М., ТОРУС ПРЕСС, 2006
4. Основы микропроцессорной техники [Текст] / Ю. В. Новиков, П. К. Скоробогатов - М.Интернет-Ун-т Информ. Технологий : БИНОМ. Лаб. знаний,2006

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Информационные ресурсы: электронные конспекты лекций, учебные пособия, разработанные для данного курса.

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Microsoft PowerPoint

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Студент, изучающий дисциплину, должен с одной стороны, овладеть общим понятийным аппаратом, а с другой стороны, должен научиться применять теоретические знания на практике. В результате изучения дисциплины студент должен знать основные определения, понятия.

Успешное освоение курса требует напряжённой самостоятельной работы студента. В программе курса приведено минимально необходимое время для работы студента над темой. Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение и конспектирование рекомендованной литературы;
- проработку учебного материала (по конспектам лекций, учебной и научной литературе);
- подготовку к дифференцированному зачету, экзамену.

Руководство и контроль за самостоятельной работой студента осуществляется в форме индивидуальных консультаций.

Важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания. При затруднении изучения отдельных тем, вопросов, следует обращаться за консультациями к преподавателю

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Радиотехника и компьютерные технологии Физтех-школа Радиотехники и Компьютерных Технологий кафедра информатики и вычислительной техники
курс:	<u>4</u>
квалификация:	бакалавр
Семестры, формы промежуточной аттестации:	
7 (осенний) - Дифференцированный зачет	
8 (весенний) - Экзамен	
Разработчик:	В.М. Фельдман, д-р техн. наук, старший научный сотрудник

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1 Анализирует задачу, выделяя этапы ее решения, действия по решению задачи
	УК-1.2 Находит, критически анализирует и выбирает информацию, необходимую для решения поставленной задачи
	УК-1.3 Рассматривает различные варианты решения задачи, оценивает их преимущества и недостатки
	УК-1.4 Грамотно, логично, аргументированно формирует собственные суждения и оценки
	УК-1.5 Определяет и оценивает практические последствия возможных вариантов решения задачи
ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области физико-математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1.1 Способен анализировать поставленную задачу, намечать пути ее решения
	ОПК-1.2 Способен строить математические модели, производить количественные расчеты и оценки
	ОПК-1.3 Способен определять границы применимости полученных результатов
ОПК-4 Способен осуществлять сбор и обработку научно-технической и (или) технологической информации для решения фундаментальных и прикладных задач	ОПК-4.1 Владеет методами научного поиска и интеллектуального анализа информации при решении задач профессиональной деятельности
	ОПК-4.4 Владеет навыками работы с компьютером и компьютерными сетями с целью получения, хранения и обработки научной (технической, технологической) информации
ПК-4 Способен критически оценивать применимость используемых методик и методов	ПК-4.1 Знает численные порядки величин, характерных для соответствующей профессиональной области
	ПК-4.3 Способен обосновать причинно-следственные отношения используемых понятий и моделей

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Архитектура высокопроизводительных микропроцессоров и вычислительных систем» обучающийся должен:

знать:

- историю и современные тенденции развития вычислительных систем;
- основные составляющие архитектуры микропроцессоров и вычислительных комплексов, представление в них информации и архитектурные принципы повышения производительности;
- принципы построения системы команд микропроцессоров различных архитектурных платформ;
- структуру основных трактов обработки команд в современных микропроцессорах;
- структуры данных: стеки, очереди, списки, деревья, таблицы;
- организацию подсистем ввода-вывода;
- принципы построения многопроцессорных и кластерных вычислительных систем;
- современные технические и программные средства взаимодействия с вычислительным комплексом.

уметь:

- проводить анализ новой информации о компьютерах разных архитектур;
- выбирать при проектировании микропроцессорных систем уровень организации вычислений в зависимости от класса решаемых задач;
- ориентироваться в оценке множества критериев при выборе конкретной архитектурной платформы и системы команд;
- оценивать сбалансированность времен исполнения различных команд при построении конвейеров исполнительных трактов микропроцессора;
- сравнивать затраты на построение того или иного блока микропроцессора;
- выбирать методы организации управления в микропроцессорных системах;
- строить структуры кэш-памятей для хранения команд и данных;
- пользоваться различными способами обеспечения эффективности иерархии памяти;
- выбирать структуру и характеристики микропроцессорного набора для вычислительных систем различного назначения;
- встраивать в структуру микропроцессоров отладочные и диагностические средства.

владеть:

- методами выбора элементной базы для построения различных архитектур вычислительных средств;
- методами оценки производительности микропроцессоров и микропроцессорных систем;
- технологией проектирования микропроцессора с учетом выбранных характеристик;
- механизмами оптимизации конвейера выполнения команд для получения максимальной степени распараллеливания операций.

3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий и тем для подготовки к текущему контролю.

1. Принцип 3М в построении мини-ЭВМ
2. Первые микропроцессоры фирмы Intel
3. Семантический разрыв в архитектуре системы команд CISC-архитектуры (на примере ЭВМ VAX)
4. Архитектура управления от команд и от данных
5. Классификация Флина
6. Закон Амдала
7. Конвейерные вычисления
8. Параллелизм команд микропроцессора
9. Технология проектирования больших интегральных микросхем
10. Методы повышения производительности микропроцессора
11. Организация быстрых арифметических вычислений
12. Режимы адресации микропроцессоров x86 фирмы Intel
13. Алгоритм Томасуло
14. Локальная и глобальная история условных переходов в микропроцессорах
15. Параллелизм уровня данных
16. Методы сокращения объема кода выполняемой задачи
17. Организация иерархии памяти вычислительных устройств
18. Ассоциативная память
19. Виртуальная и физическая память
20. Базовые принципы кеширования
21. UMA и NUNA архитектура
22. Структура векторного процессора
23. Структура графического процессора
24. Структура процессора data flow
25. Организация конвергентной и гиперконвергентной структуры вычислительной системы
26. Типы интерконнекта в центрах обработки данных и суперэвм

4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Вопросы для проведения дифференцированного зачета в 7 семестре:

1. Понятие архитектуры вычислительного средства
2. Какие существуют уровни организации и распараллеливания вычислений?
3. Из каких групп команд состоит система команд современного микропроцессора?
4. Основные черты архитектуры CISC-микропроцессора.
5. Принципы RISC-архитектуры.
6. Составляющие производительности вычислительного устройства.
7. Методы оценки производительности.
8. Маршрут проектирования микропроцессора.
9. Что такое прототип микропроцессора?
10. Структура первых микропроцессоров.
11. Структура 32-х разрядных RISC-микропроцессоров.
12. Структура суперконвейерного микропроцессора.
13. Структура суперскалярного микропроцессора.
14. Структура микропроцессора с VLIW-архитектурой.
15. Организация конвейерных вычислений.
16. Тракт выборки команд. Кэш-память команд.
17. Форматы команд и режимы адресации в микропроцессорах.
18. Методы предподкачки команд.

Вопросы для проведения экзамена в 8 семестре:

1. Механизмы предсказания переходов.
2. Организация регистровых файлов в микропроцессорах.
3. Организация управления в микропроцессорах.
4. Механизмы динамического планирования (scoreboarding, reservation station).
5. Переименование регистров в суперскалярных микропроцессорах.
6. Механизм точного прерывания.
7. Выполнения команд вне порядка выборки (reorder buffer).
8. Зачем нужна иерархия памяти?
9. Организация и характеристики кэш-памяти данных.
10. Методы снижения процента промаха в кэш-память.
11. Методы уменьшения времени ожидания при промахе в кэш-память.
12. Организация когерентности памяти.
13. Протоколы поддержки когерентности памяти.
14. Набор операций для работы в многопроцессорной системе с поддержкой когерентности.
15. Организация иерархии памяти по принципу MLI.
16. Назначение и характеристики чипсета в микропроцессорной системе.
17. Способы связи элементов в микропроцессорной системе.
18. Системы команд микропроцессоров сигнальной и мультимедийной обработки.
19. Структура и система команд микропроцессоров для встроенных применений.

Примеры билетов для проведения экзамена:

Билет 1.

1. Механизмы предсказания переходов.
2. Структура и система команд микропроцессоров для встроенных применений.

Билет 2.

1. Организация регистровых файлов в микропроцессорах.
2. Системы команд микропроцессоров сигнальной и мультимедийной обработки.

Оценка отлично (10) выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины, проявляющему интерес к данной предметной области, продемонстрировавшему умение уверенно и творчески применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично (9) выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично (8) выставляется студенту, показавшему систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, правильное обоснование принятых решений, с некоторыми недочетами.

Оценка хорошо (7) выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но недостаточно грамотно обосновывает полученные результаты.

Оценка хорошо (6) выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности.

Оценка хорошо (5) выставляется студенту, если он в основном знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач достаточно большое количество неточностей.

Оценка удовлетворительно (4) выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он освоил основные разделы учебной программы, необходимые для дальнейшего обучения, и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации.

Оценка удовлетворительно (3) выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, допускающему ошибки в формулировках базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, слабо владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и с трудом применяет полученные знания даже в стандартной ситуации.

Оценка неудовлетворительно (2) выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных принципов и не умеет использовать полученные знания при решении типовых задач.

Оценка неудовлетворительно (1) выставляется студенту, который не знает основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубейшие ошибки в формулировках базовых понятий дисциплины и вообще не имеет навыков решения типовых практических задач.

5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Экзамен и дифференцированный зачет проводится в устной форме.

При проведении зачета обучающемуся предоставляется 20 минут на подготовку. Опрос обучающегося проводится в течение 30 минут.

При проведении устного экзамена обучающемуся предоставляется не менее 60 минут на подготовку. Опрос обучающегося на устном экзамене не должен превышать двух астрономических часов.

Во время проведения экзамена и зачета обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины.