

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

УТВЕРЖДЕНО
Директор физтех-школы
аэрокосмических технологий
С.С. Негодяев

	Рабочая программа дисциплины (модуля)
по дисциплине:	Основы управления орбитальной группировкой космических аппаратов
по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Космические технологии
	Физтех-школа Аэрокосмических Технологий
	кафедра космических информационных систем
курс:	1
квалификация:	магистр

Семестры, формы промежуточной аттестации:

1 (осенний) - Зачет
2 (весенний) - Экзамен

Аудиторных часов: 60 всего, в том числе:

лекции: 0 час.
семинары: 60 час.
лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 45 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 135, всего зач. ед.: 3

Программу составили:

И.В. Коломыцев, канд. техн. наук
А.Р. Агишев

Программа обсуждена на заседании кафедры космических информационных систем 20.02.2023

Аннотация

В курсе рассматриваются основные подходы к решению задачи управления движением космических аппаратов, входящих в орбитальную группировку и выполняющих общую целевую задачу. Рассматриваются два принципиально различных типа рабочих орбит космических аппаратов – геостационарная и высокоэллиптическая. Приводятся основные методы и подходы, как к построению космической системы, так и к поддержанию параметров орбит в заданных целевой задачей пределах. Решается задача определения допустимых пределов изменения орбитальных параметров на основе заданной целевой задачи космической группировки.

Курс содержит обсуждение технических подходов к задаче управления движением центра масс космического аппарата, решения прикладных задач управления движением и задач проектирования орбитальных структур. Для успешного освоения курса слушателю необходимо знать курс общей физики (механика) и математического анализа, основ теории управления.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

- формирование базовых знаний по управлению орбитальными группировками космических аппаратов для использования при создании бортовых и наземных средств космических информационных систем, формирование исследовательских навыков и способности применять знания на практике.

Задачи дисциплины

- дать студентам базовые знания в области управления орбитальными группировками космических аппаратов;
- научить студентов на примерах и задачах проводить построение орбитальных структур, определять оптимальное управление самостоятельными КА и КА в орбитальных группировках, самостоятельно анализировать полученные результаты.

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1 Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними
	УК-1.2 Осуществляет поиск вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации
УК-2 Способен управлять проектом на всех этапах его реализации	УК-2.1 Формулирует в рамках обозначенной проблемы, цель, задачи, актуальность, значимость (научную, практическую, методическую и иную в зависимости от типа проекта), ожидаемые результаты и возможные сферы их применения
УК-6 Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки	УК-6.1 Умеет решать задачи собственного личностного и профессионального развития, определять и реализовывать приоритеты совершенствования собственной деятельности
	УК-6.2 Оценивает свою деятельность, соотносит цели, способы и средства выполнения деятельности с её результатами
ОПК-3 Способен выбирать и (или) разрабатывать подходы к решению типовых и новых задач в области профессиональной деятельности, учитывая особенности и	ОПК-3.3 Владеет аналитическими и вычислительными методами решения, понимает и учитывает на практике границы применимости получаемых решений
	ОПК-3.1 Способен анализировать задачу, планировать пути решения, предлагать и комбинировать способы решения

ограничения различных методов решения	ОПК-3.2 Способен использовать исследовательские методы при решении новых задач, применяя знания в различных областях науки (техники)
ПК-3 Способен профессионально работать с исследовательским и испытательным оборудованием (приборами и установками, специализированными пакетами прикладных программ) в избранной предметной области	ПК-3.2 Способен проводить эксперимент (моделирование) с использованием исследовательского оборудования (пакетов прикладных программ)
	ПК-3.1 Понимает принципы работы используемого оборудования (специализированных пакетов прикладных программ)
	ПК-3.3 Способен оценивать точность полученных экспериментальных (численных) результатов

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- архитектуру систем автоматизированного управления космическими системами;
- методы построения орбитальных группировок для решения различных целевых задач;
- методы управления орбитальными параметрами космических аппаратов;
- методы управления орбитальными группировками космических аппаратов.

уметь:

- пользоваться своими знаниями для решения задач проектирования и управления ОГ;
- ставить задачу управления орбитальной группировкой, выбирать критерий эффективности и строить математическую модель системы;
- выбрать метод и разработать алгоритм решения задачи оптимизации математической модели;
- моделировать функционирование ОГ с учётом влияния внешних воздействий и заданной программы управления.

владеть:

- навыками освоения большого объема информации;
- навыками самостоятельной работы;
- культурой постановки и моделирования физических задач;
- навыками грамотной обработки результатов опыта и сопоставления с теоретическими данными;
- практикой исследования и решения теоретических и прикладных задач.

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	Основы баллистики, особенности учёта внешних возмущений и общие принципы их моделирования		3		3
2	Теория определения эффективности орбитальных группировок, основные принципы построения орбитальных структур		27		12
3	Основы маневрирования КА		12		12
4	Основы управления КА в ОГ		18		18
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: 1 (Осенний)

1. Основы баллистики, особенности учёта внешних возмущений и общие принципы их моделирования

Закон всемирного тяготения. Притяжение сферического тела. Реальный геопотенциал Земли. Представления геопотенциала: разложение в ряд по сферическим функциям, модель точечного представления. Геоид. Невозмущённое движение КА. Круговые орбиты, эллиптические орбиты. Возмущённое движение КА. Задача двух тел. Задача трёх тел. Определение орбиты в пространстве. Определение геопотенциала. Возмущения вызванные атмосферой, солнечным давлением, притяжением объектами Солнечной системы.

Методы численного решения систем дифференциальных уравнений. Общепринятые способы решения движения КА в реальном поле Земли. Проблемы точности и ресурсоёмкости численного решения.

2. Теория определения эффективности орбитальных группировок, основные принципы построения орбитальных структур

Структура орбитальных систем ИСЗ. Определение характеристик области обзора, полосы обзора. Задача непрерывного обзора Земли. Задача обзора заданной области, n-кратного обзора, навигационные задачи. Кинематически симметричные спутниковые системы. Возможности кинематически симметричных спутниковых систем. Способы создания спутниковых систем.

Семестр: 2 (Весенний)

3. Основы маневрирования КА

Структура космической системы. Наземный комплекс системы. Орбитальная составляющая системы. Способы управления движением КА. Элементы систем управления. Системы управления КА.

Классификация орбитальных манёвров. Плоские одноимпульсные манёвры. Плоские двухимпульсные манёвры. Поворот плоскости орбиты. Орбитальные манёвры КА с двигателями малой тяги. Область досягаемости управляемого КА. Траектории облёта точек космического пространства. Полёт к объектам Солнечной системы.

Технология разработки космической системы. Проектирование наземного комплекса. Проектирование системы управления и навигации.

4. Основы управления КА в ОГ

Пространственный манёвр КА в системе. Встреча на орбите.

Влияние внешних возмущений на эффективность выполнения целевой задачи ОГ. Влияние управляющих воздействий на эффективность выполнения целевой задачи ОГ. Устойчивость орбитальной группировки. Способы поддержания устойчивости ОГ.

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

Необходимое оборудование для семинаров: учебная аудитория, компьютер, мультимедийное оборудование: проектор, интерактивная доска.

6.Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Расчёт движения космического аппарата с малой тягой. В.Н. Лебедев, М.: Вычислительный центр АН СССР, 1968 г.
2. Введение в теорию полета искусственных спутников Земли. Эльясберг П. Е., «Наука», Москва, 1965 г.
3. Эволюция и устойчивость спутниковых систем. А.И. Назаренко, Б.С. Скребушевский. М.: Машиностроение, 1981 г.
4. Небесная механика, основные задачи и методы. Г.Н. Дубошин., М.: Наука, 1963 г.
5. Теория движения искусственных спутников Земли. Е.П. Аксенов, М.: Наука, 1977 г.
6. Орбиты спутников связи. Г. М. Чернявский, В. А Бартенев: Связь, 1978 г.
7. Синтез орбитальных структур спутниковых систем. Можаяев Г.В., М.: "Машиностроение", 1989 г.
8. Теоретические основы проектирования информационно-управляющих систем космических аппаратов. Кульба В.В. и др., М.: «Наука», 2006 г.

Дополнительная литература

1. Управление космическими полётами. Соловьёв В.А. и др., М.: «МГТУ им. Н.Э. Баумана», 2010
2. Математический анализ [Текст]. Ч. 1 / В. А. Зорич - М.МЦНМО, 2017
3. Общая физика. Механика [Текст] : учеб. пособие для вузов / Н. А. Кириченко, К. М. Крымский ; М-во образования и науки РФ, Моск. физ.-техн. ин-т (гос. ун-т) .— М. : МФТИ, 2013 .— 290 с.

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

1. <http://lib.mipt.ru/> – электронная библиотека Физтеха.
2. <http://www.edu.ru> – федеральный портал «Российское образование».
3. <http://benran.ru> –библиотека по естественным наукам Российской академии наук.

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

Пакеты офисного программного обеспечения Microsoft Office (Word, Excel, PowerPoint), OpenOffice, программные комплексы (учебные версии) MS Visual Studio, Matlab.

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

Успешное освоение курса «Основы управления орбитальной группировкой космических аппаратов» требует значительной 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 семинаров, учебной и научной литературе);
- решение задач, предлагаемых студентам на практических занятиях;
- подготовку к контрольным, самостоятельным работам и тестам.

Руководство и контроль за самостоятельной работой студента осуществляется в результате анализа итогов контрольных, самостоятельных работ и тестов, а также индивидуальных консультаций.

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению: Прикладные математика и физика
профиль подготовки: Космические технологии
Физтех-школа Аэрокосмических Технологий
кафедра космических информационных систем
курс: 1
квалификация: магистр

Семестры, формы промежуточной аттестации:

1 (осенний) - Зачет
2 (весенний) - Экзамен

Разработчики:

И.В. Коломыцев, канд. техн. наук
А.Р. Агишев

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1 Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними
	УК-1.2 Осуществляет поиск вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации
УК-2 Способен управлять проектом на всех этапах его реализации	УК-2.1 Формулирует в рамках обозначенной проблемы, цель, задачи, актуальность, значимость (научную, практическую, методическую и иную в зависимости от типа проекта), ожидаемые результаты и возможные сферы их применения
УК-6 Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки	УК-6.1 Умеет решать задачи собственного личностного и профессионального развития, определять и реализовывать приоритеты совершенствования собственной деятельности
	УК-6.2 Оценивает свою деятельность, соотносит цели, способы и средства выполнения деятельности с её результатами
ОПК-3 Способен выбирать и (или) разрабатывать подходы к решению типовых и новых задач в области профессиональной деятельности, учитывая особенности и ограничения различных методов решения	ОПК-3.3 Владеет аналитическими и вычислительными методами решения, понимает и учитывает на практике границы применимости получаемых решений
	ОПК-3.1 Способен анализировать задачу, планировать пути решения, предлагать и комбинировать способы решения
	ОПК-3.2 Способен использовать исследовательские методы при решении новых задач, применяя знания в различных областях науки (техники)
ПК-3 Способен профессионально работать с исследовательским и испытательным оборудованием (приборами и установками, специализированными пакетами прикладных программ) в избранной предметной области	ПК-3.2 Способен проводить эксперимент (моделирование) с использованием исследовательского оборудования (пакетов прикладных программ)
	ПК-3.1 Понимает принципы работы используемого оборудования (специализированных пакетов прикладных программ)
	ПК-3.3 Способен оценивать точность полученных экспериментальных (численных) результатов

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Основы управления орбитальной группировкой космических аппаратов» обучающийся должен:

знать:

- архитектуру систем автоматизированного управления космическими системами;
- методы построения орбитальных группировок для решения различных целевых задач;
- методы управления орбитальными параметрами космических аппаратов;
- методы управления орбитальными группировками космических аппаратов.

уметь:

- пользоваться своими знаниями для решения задач проектирования и управления ОГ;
- ставить задачу управления орбитальной группировкой, выбирать критерий эффективности и строить математическую модель системы;
- выбрать метод и разработать алгоритм решения задачи оптимизации математической модели;
- моделировать функционирование ОГ с учётом влияния внешних воздействий и заданной программы управления.

владеть:

- навыками освоения большого объема информации;
- навыками самостоятельной работы;
- культурой постановки и моделирования физических задач;
- навыками грамотной обработки результатов опыта и сопоставления с теоретическими данными;
- практикой исследования и решения теоретических и прикладных задач.

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

Текущий контроль осуществляется в форме устного опроса по пройденному материалу, защита курсового проекта.

Успешное прохождение опроса является допуском к зачету.

Защита курсового проекта проходит во время проведения зачета.

Примеры тем курсового проекта:

1. Определение оптимальных начальных параметров КА.

Формулировка проблемы:

В результате влияния внешних возмущений траектория движения КА отличается от идеальной, помимо этого происходит также накопление отклонения данной траектории от изначальной, что существенно сказывается на эффективности его работы.

Задание

- Определить начальные параметры КА на ВЭО, при которых будет достигаться наименьшее за 3 месяца отклонение положения КА в наивысшей точке траектории от того же положения на начальной орбите
- Рассчитать максимально допустимую ошибку выведения КА в расчётное положение, при которой конечное положение КА будет достигнуто с ошибкой не более 50 км.

Результаты проекта представить в виде отчета с таблицами и графиками.

2. Солнечный парус.

Формулировка проблемы:

Известно, что при малых значениях гравитационных сил парусность КА может существенно влиять на траекторию движения.

Задание:

- Определить зависимость эффективной площади малого КА (вес не более 10 кг) от расстояния до центра Земли при котором гравитационные силы и силы давления солнечного ветра равны.
- Оценить конечную скорость аппарата на границе Солнечной системы, если его парус обеспечивает равновесие сил притяжения и давления на геостационарной орбите.
- Уточнить оценку при учёте гравитационного влияния планет Солнечной системы.

3. Расчет оптимальной последовательности корректирующих воздействий на одном сеансе коррекции"

Формулировка проблемы:

В реальных КА зачастую органы управления не являются «идеальными» с точки зрения теории управляемого движения. И управляющее ускорение может быть направлено под различными углами к траектории и плоскости орбиты, создавая при этом приращение скорости КА в требуемом направлении.

Задание:

- для одного сеанса коррекции с использованием двигателей малой тяги возможно перенаправление управляющего ускорения относительно заданного направления. Известно, что направление ускорения отклонено на 45 градусов от заданного направления (траектория орбиты) и лежать в её плоскости. Для сеанса коррекции длительностью 1 час определить оптимальное количество перенаправлений ускорения, если минимальное их число 2, максимальное – 10.
- определить зависимость полученного решения от положения сеанса коррекции на орбите.

4. Расчет траектории облёта объекта.

Формулировка проблемы:

Проблема облёта объекта является актуальной как для научных целей (космический мусор, астероиды) так и для оборонных целей (космические аппараты)

Задание:

- для заданного объекта определить оптимальную орбиту КА исследователя.
- разработать программу управляемого движения для совершения облёта.

Результаты представляются в виде отчета с таблицами и графиками.

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

Аттестация по дисциплине «Основы управления орбитальной группировкой космических аппаратов» осуществляется в форме зачета в 9 семестре и в форме экзамена в 10 семестре.

Примерный перечень вопросов к экзамену:

1. Закон всемирного тяготения. Притяжение сферического тела.
2. Методы численного решения систем дифференциальных уравнений. Общепринятые способы решения движения КА в реальном поле Земли. Проблемы точности и ресурсоёмкости численного решения.
3. Пространственный манёвр КА в системе. Встреча на орбите.
4. Влияние внешних возмущений на эффективность выполнения целевой задачи ОГ.
5. Область досягаемости управляемого КА. Траектории облёта точек космического пространства. Полёт к объектам Солнечной системы.
6. Проектирование наземного комплекса. Проектирование системы управления и навигации.
7. Реальный геопотенциал Земли. Представления геопотенциала: разложение в ряд по сферическим функциям, модель точечного представления. Геоид.
8. Структура орбитальных систем ИСЗ. Определение характеристик области обзора, полосы обзора.
9. Возмущения вызванные атмосферой, солнечным давлением, притяжением объектами Солнечной системы.
10. Структура космической системы. Наземный комплекс системы. Орбитальная составляющая системы.
11. Способы управления движением КА. Элементы систем управления. Системы управления КА.
12. Классификация орбитальных манёвров. Плоские одноимпульсные манёвры. Плоские двухимпульсные манёвры.

Примеры билетов для подготовки к экзамену;

Экзаменационный билет №1

1. Закон всемирного тяготения. Притяжение сферического тела.
2. Методы численного решения систем дифференциальных уравнений. Общепринятые способы решения движения КА в реальном поле Земли. Проблемы точности и ресурсоёмкости численного решения.

Экзаменационный билет №2

1. Реальный геопотенциал Земли. Представления геопотенциала: разложение в ряд по сферическим функциям, модель точечного представления. Геоид.
2. Структура орбитальных систем ИСЗ. Определение характеристик области обзора, полосы обзора.

Экзаменационный билет №3

1. Невозмущённое движение КА. Круговые орбиты, эллиптические орбиты.

2. Задача непрерывного обзора Земли. Задача обзора заданной области, n-кратного обзора, навигационные задачи.

Экзаменационный билет №4

1. Возмущённое движение КА. Задача двух тел. Задача трёх тел.
2. Кинематически симметричные спутниковые системы. Возможности кинематически симметричных спутниковых систем.

Экзаменационный билет №5

1. Определение орбиты в пространстве. Определение геопотенциала.
2. Способы создания спутниковых систем.

Экзаменационный билет №6

1. Возмущения вызванные атмосферой, солнечным давлением, притяжением объектами Солнечной системы.
2. Структура космической системы. Наземный комплекс системы. Орбитальная составляющая системы.

Экзаменационный билет №7

1. Способы управления движением КА. Элементы систем управления. Системы управления КА.
2. Классификация орбитальных манёвров. Плоские одноимпульсные манёвры. Плоские двухимпульсные манёвры.

Экзаменационный билет №8

1. Поворот плоскости орбиты. Орбитальные манёвры КА с двигателями малой тяги.
2. Технология разработки космической системы.

Экзаменационный билет №9

1. Область досягаемости управляемого КА. Траектории облёта точек космического пространства. Полёт к объектам Солнечной системы.
2. Проектирование наземного комплекса. Проектирование системы управления и навигации.

Экзаменационный билет №10

1. Пространственный манёвр КА в системе. Встреча на орбите.
2. Влияние внешних возмущений на эффективность выполнения целевой задачи ОГ.

Экзаменационный билет №11

1. Устойчивость орбитальной группировки. Способы поддержания устойчивости ОГ.
2. Влияние управляющих воздействий на эффективность выполнения целевой задачи.

Критерии оценивания

Критерии оценивания экзамена:

оценка «отлично (10)» выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины при ответе экзаменационного билета и ответе на вопросы по программе дисциплины;

оценка «отлично (9)» выставляется студенту, показавшему систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины при ответе экзаменационного билета и ответе на вопросы по программе дисциплины;

оценка «отлично (8)» выставляется студенту, показавшему систематизированные, знания учебной программы дисциплины при ответе экзаменационного билета и ответе на вопросы по программе дисциплины;

оценка «хорошо (7)» выставляется студенту, если он твердо знает материал экзаменационного билета, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе некоторые неточности;

оценка «хорошо (6)» выставляется, если он знает материал экзаменационного билета, по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе много неточностей;

оценка «хорошо (5)» выставляется, если он знает материал экзаменационного билета, излагает его, умеет применять полученные знания на практике, не допускает в ответе грубых ошибок;

оценка «удовлетворительно (4)» выставляется, если во время ответа экзаменационного билета он показал фрагментарный, характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, но при этом он владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения;

оценка «удовлетворительно (3)» выставляется студенту, если во время ответа экзаменационного билета он показал разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушение логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации;

оценка «неудовлетворительно (2-1)» выставляется студенту, если во время ответа экзаменационного билета, он показал, что не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных понятий дисциплины.

Критерии оценивания зачета:

Зачтено выставляется студенту, показавшему систематизированные, знания учебной программы дисциплины при ответе на вопросы по программе дисциплины, а также по результатам контрольных работ.

Не зачтено выставляется студенту по результатам контрольных работ, а также, если во время ответа, он показал что не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных понятий дисциплины и не умеет использовать полученные знания при решении типовых практических задач.

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

При проведении устного экзамена обучающемуся предоставляется 30 минут на подготовку. Опрос обучающегося по билету на устном экзамене не должен превышать одного астрономического часа.

Во время проведения экзамена при подготовке ответов на билеты, обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины, конспектами и любой другой литературой, вычислительной техникой.

По завершении отведенного на опрос времени, экзаменатор должен выставить обучающемуся оценку в соответствии с вышеприведенными критериями.

Зачет проводится по итогам текущей успеваемости: по результатам контрольных, самостоятельных работ/тестов по каждой теме.

Зачет по дисциплине проводится путем организации защиты курсового проекта.

При проведении устного зачета обучающемуся предоставляется 20 минут на подготовку.