

**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:	Динамическая фильтрация и управление упругими конструкциями
по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Космические технологии
	Физтех-школа Аэрокосмических Технологий
	кафедра аэрофизической механики и управления движением
курс:	2
квалификация:	магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 3 (осенний) - Экзамен

Аудиторных часов: 90 всего, в том числе:

лекции: 45 час.

семинары: 45 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 60 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 180, всего зач. ед.: 4

Программу составил: А.В. Сумароков, канд. физ.-мат. наук

Программа обсуждена на заседании кафедре аэрофизической механики и управления движением 06.04.2020

Аннотация

Изучение учебной дисциплины направлено на углубление и расширение базовой профессиональной подготовки магистранта, формирование соответствующих компетенций.

В учебной дисциплине рассматриваются основные теоретические понятия, концепции и подходы теории управления динамическими системами для использования в областях и дисциплинах естественнонаучного профиля. Студенты получают знания в области современной теории управления, учатся основам проектирования систем управления движением космических аппаратов и ракетополетов, а также на конкретных примерах знакомятся с особенностями разработки бортового программного обеспечения изделий новой техники. Студенты научатся решать задачи, связанные с управлением упругими конструкциями как разделом механики.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

- формирование базовых знаний по теории управления динамическими системами для использования в областях и дисциплинах естественнонаучного профиля, формирование исследовательских навыков и способности применять знания на практике.

Задачи дисциплины

- Дать студентам базовые знания в области современной теории управления.
- Научить студентов основам проектирования систем управления движением космических аппаратов и ракетополетов.
- На конкретных примерах ознакомить студентов с особенностями разработки бортового программного обеспечения изделий новой техники.

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
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
ПК-1 Способен ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты	ПК-1.2 Способен выдвигать гипотезы, строить математические модели для описания изучаемых явлений и процессов, оценивать качество разработанной модели
ПК-2 Способен самостоятельно или в качестве члена (руководителя) малого коллектива организовывать и проводить научные исследования и их апробацию	ПК-2.1 Способен планировать и проводить научные исследования самостоятельно или в составе научного коллектива

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны знать:

- системы координат, используемые для описания динамического поведения крупногабаритной космической конструкции (ККК);
- формулы для аэродинамического, гравитационного, магнитного моментов и моментов сил солнечного давления, воздействующих на ККК и их вывод;
- уравнения углового движения твердого тела на круговой орбите при воздействии гравитационного и аэродинамического моментов, и их линеаризация относительно орбитальной системы координат;
- Физический смысл метода Фурье и метода Даламбера решения уравнений математической физики;
- постановку задачи Штурма Лиувилля для уравнений изгибных колебаний свободного стержня, нормальные координаты, собственные частоты и собственные формы упругих колебаний конструкции;
- уравнения движения твердого тела с упругими элементами конструкции;
- метод конечных элементов в теории упругости;
- структуру автомата стабилизации с учетом мест расположения исполнительных органов и чувствительных элементов;
- явление захвата упругими колебаниями автомата стабилизации;
- методы оценки устойчивости движения ККК с упругими элементами конструкции.

уметь:

- в рамках теории тонких стержней оценивать собственные частоты и формы упругих колебаний конструкции;
- рассчитывать передаточную функцию от исполнительного органа к чувствительному элементу, с учетом упругой связи между ними;
- Рассчитывать полосовые самонастраивающиеся фильтры в контуре управления движением ККК;
- Оценивать влияние жидкостного наполнения (в рамках его механического аналога в виде присоединенных осцилляторов) на динамику движения объекта управления;
- настраивать параметры систем управления движением космических аппаратов с упругими элементами.

владеть:

- культурой математической постановки задач управления движением космических аппаратов с упругими элементами конструкции;
- базовыми основами работы в коммерческих программных продуктах использующих метод конечных элементов (NASTRAN, ANSYS);
- методикой расчета устойчивости движения объекта управления с учетом динамики его конструкции;
- математической теорией фильтрации;
- навыками самостоятельной работы с научной литературой по управлению крупногабаритными космическими конструкциями.

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	Вывод формул влияния аэродинамического, гравитационного, магнитного моментов и моментов сил солнечного давления на динамику углового движения крупногабаритной космической конструкции (ККК).	8	8		10

2	Вывод уравнений углового движения твердого тела на круговой орбите при воздействии гравитационного и аэродинамического моментов и их линеаризация.	8	8		10
3	Поперечные колебания свободного тонкого стержня.	10	10		8
4	Уравнения движения твердого тела с упругими элементами конструкции.	6	6		8
5	Влияние динамики конструкции (упругих свойств корпуса) на устойчивость движения ККК.	7	7		11
6	Расчет параметров системы управления ККК.	6	6		13
Итого часов		45	45		60
Подготовка к экзамену		30 час.			
Общая трудоёмкость		180 час., 4 зач.ед.			

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

Семестр: 3 (Осенний)

1. Вывод формул влияния аэродинамического, гравитационного, магнитного моментов и моментов сил солнечного давления на динамику углового движения крупногабаритной космической конструкции (ККК).

1.1. Описание систем координат.

1.2. Вывод формул для аэродинамического момента в рамках зеркально-диффузионной модели обтекания свободно-молекулярным потоком.

1.3. Вывод формул для гравитационного момента в поле ньютоновского потенциала.

1.4. Вывод формул для магнитного момента в рамках модели взаимодействия токовых и магнитных систем ККК с магнитным диполем Земли.

1.5. Вывод формул для моментов сил солнечного давления в рамках зеркально-диффузионного отражения.

2. Вывод уравнений углового движения твердого тела на круговой орбите при воздействии гравитационного и аэродинамического моментов и их линеаризация.

2.1. Кинематические нелинейные уравнения движения в кватернионной форме относительно орбитальной системы координат.

2.2. Связь кинематических соотношений в кватернионной (параметры Родрига-Гамильтона) форме с кинематическими соотношениями в форме углов Эйлера-Крылова и в форме Пуассона.

2.3. Теорема об изменении кинетического момента, динамические уравнения Эйлера.

2.4. Линеаризация кинематических и динамических уравнений движения относительно орбитальной системы координат.

2.5. Решения линеаризованных уравнений, положения равновесия.

3. Поперечные колебания свободного тонкого стержня.

3.1 Вывод уравнений поперечных колебаний стержня, определение жесткости поперечных колебаний, граничные условия на свободных концах стержня.

3.2. Метод Фурье и метод Даламбера решения уравнений математической физики гиперболического типа.

3.3. Задача Штурма Лиувилля для уравнений изгибных колебаний свободного стержня.

3.4. Нормальные координаты, собственные частоты и собственные формы упругих колебаний конструкции.

3.5. Ортогональность собственных форм и их нормировка, моды движения.

3.6. Вынужденные колебания свободного стержня под действием сосредоточенных силовых и моментных нагрузок.

4. Уравнения движения твердого тела с упругими элементами конструкции.

4.1. Метод конечных элементов в теории упругости, базовые функции.

4.2. Линейные и угловые собственные формы упругих колебаний.

4.3. Расчет собственных частот и трехмерных пространственных нормированных форм упругих колебаний конструкции.

4.4. Разложение векторов сосредоточенных силовых и моментных нагрузок по ортогональному базису n -мерного гильбертова пространства (пространство Галеркина) с помощью нормированных линейных и угловых собственных форм колебаний конструкции в местах установки исполнительных органов.

4.5. Формирование информации об угловых (скоростных и позиционных) отклонениях в измерительных каналах чувствительных элементов с учетом упругих колебаний конструкции в местах их установки, как задача обратного перепроектирования решений неоднородных уравнений, разложенных по нормальным координатам, из пространства Галеркина в трехмерное евклидовое пространство.

4.6 Учет рассеивания энергии упругих колебаний конструкции. Гипотеза Сорокина и Фойхта.

4.7. Вывод передаточной функции от исполнительного органа к чувствительному элементу, с учетом упругой связи между ними.

5. Влияние динамики конструкции (упругих свойств корпуса) на устойчивость движения ККК.

4.1. Метод конечных элементов в теории упругости, базовые функции.

4.2. Линейные и угловые собственные формы упругих колебаний.

4.3. Расчет собственных частот и трехмерных пространственных нормированных форм упругих колебаний конструкции.

4.4. Разложение векторов сосредоточенных силовых и моментных нагрузок по ортогональному базису n -мерного гильбертова пространства (пространство Галеркина) с помощью нормированных линейных и угловых собственных форм колебаний конструкции в местах установки исполнительных органов.

4.5. Формирование информации об угловых (скоростных и позиционных) отклонениях в измерительных каналах чувствительных элементов с учетом упругих колебаний конструкции в местах их установки, как задача обратного перепроектирования решений неоднородных уравнений, разложенных по нормальным координатам, из пространства Галеркина в трехмерное евклидовое пространство.

4.6 Учет рассеивания энергии упругих колебаний конструкции. Гипотеза Сорокина и Фойхта.

4.7. Вывод передаточной функции от исполнительного органа к чувствительному элементу, с учетом упругой связи между ними.

6. Расчет параметров системы управления ККК.

6.1. Конструкционные решения выбора мест расположения исполнительных органов и чувствительных элементов.

6.2. Влияние запаздывания формирования управляющего сигнала на устойчивость движения ККК.

6.3. Активное демпфирование упругих колебаний конструкции.

6.4. Расчет полосовых самонастраивающихся фильтров в контуре управления движением ККК.

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

Необходимая для занятий шумоизолированная аудитория должна быть оборудована большой доской, защищённой от попадания прямого солнечного света. Ноутбук, проектор, экран.

6.Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Динамика ракет [Текст] : учебник для студ. вузов / под ред. В. П. Мишина .— 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Машиностроение, 1990 .— 464 с.
2. Динамика ракет [Текст] : [учебник] / К. С. Колесников .— М. : Машиностроение, 1980 .— 376 с.
1. Кузовков Н. Т. Система стабилизации летательных аппаратов, М., 1976.
2. Колесников К.С., Сухов В.Н. Упругий летательный аппарат как объект автоматического управления. М., «Машиностроение», 1971. 267с.

Дополнительная литература

1. Тимаков С.Н. Использование адаптивного фильтра в контуре управления спутника «Ямал-100»./ Ракетно-космическая техника. / серия XII, выпуск 1. Труды РКК «Энергия» им. С.П.Королева., г.Королев, 2002г.
2. Тимаков С.Н., Богданов К.А., Нефедов С.Е. Метод последовательного замыкания мод движения для многомерных, многосвязных динамических систем. //Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана Серия «Приборостроение». 2014, № 5 (98) С.40-59.
3. Легостаев В.П., Субботин А.В., Тимаков С.Н., Черемных Е.А. Собственные колебания вращающейся мембраны с центральной жесткой вставкой (применение функций Хойна) // Прикладная математика и механика, Том 75, Вып. 2, 2011, с. 224-238.
4. Легостаев В.П., Субботин А.В., Тимаков С.Н., Зыков А.В. Об устойчивости стационарной формы вращающейся мембраны с регулярно прецессирующей центральной жесткой вставкой // Труды МФТИ, 2011, Том 3, № 2, с. 52-58.
5. Легостаев В.П., Субботин А.В., Тимаков С.Н., Зыков А.В. Исследование динамики управляемого углового движения космического аппарата с вращающимся солнечным парусом // Труды МФТИ, 2013, Том 5 , № 2 (18) , с.106-119.
6. Тимаков С.Н., Жирнов А.В Алгоритм активного демпфирования упругих колебаний конструкции Международной космической станции. // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана Серия «Приборостроение». 2014, № 3 (96), С. 37 53.

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

1. <http://mtt.ipmnet.ru> – сайт журнала «Известия РАН. Теория и системы управления»;
2. <http://www.ansys.com> – сайт разработчика программного продукта ANSYS;
3. <http://www.nastran.com> – сайт разработчика программного продукта NASTRAN;
4. <http://acanud.ru> – сайт международной общественной организации «Академия навигации и управления движением».

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

Microsoft Office; Microsoft Visual Studio 8; Borland C++ Builder 6; MATLAB R2013; DIDO 7.3.7; NASTRAN; ANSYS.

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

Успешное освоение курса требует систематических занятий и большой самостоятельной работы студента. Время, затрачиваемое на самостоятельную работу и подготовку к экзамену по рассматриваемой теоретической дисциплине, должно примерно соответствовать времени, выделенному на аудиторные занятия.

Самостоятельная работа включает в себя:

- овладение базовыми навыками работы с пакетами NASNRAN и ANSYS;
- ознакомление с рекомендованной учебно-научной литературой по пройденным темам.

Текущий контроль за самостоятельной работой студентов осуществляется в форме устного опроса на занятиях. Приём экзамена проводится в два этапа. После первого этапа озвучиваются оценки, полученные слушателями по результатам ответов на два вопроса. Желая повысить оценку предлагается дополнительно подготовиться и быть готовым к ответу на три-четыре вопроса.

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению: Прикладные математика и физика
профиль подготовки: Космические технологии
Физтех-школа Аэрокосмических Технологий
кафедра аэрофизической механики и управления движением
курс: 2
квалификация: магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 3 (осенний) - Экзамен

Разработчик: А.В. Сумароков, канд. физ.-мат. наук

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
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
ПК-1 Способен ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты	ПК-1.2 Способен выдвигать гипотезы, строить математические модели для описания изучаемых явлений и процессов, оценивать качество разработанной модели
ПК-2 Способен самостоятельно или в качестве члена (руководителя) малого коллектива организовывать и проводить научные исследования и их апробацию	ПК-2.1 Способен планировать и проводить научные исследования самостоятельно или в составе научного коллектива

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Динамическая фильтрация и управление упругими конструкциями» обучающийся должен:

знать:

- системы координат, используемые для описания динамического поведения крупногабаритной космической конструкции (ККК);
- формулы для аэродинамического, гравитационного, магнитного моментов и моментов сил солнечного давления, действующих на ККК и их вывод;
- уравнения углового движения твердого тела на круговой орбите при воздействии гравитационного и аэродинамического моментов, и их линеаризация относительно орбитальной системы координат;
- Физический смысл метода Фурье и метода Даламбера решения уравнений математической физики;
- постановку задачи Штурма Лиувилля для уравнений изгибных колебаний свободного стержня, нормальные координаты, собственные частоты и собственные формы упругих колебаний конструкции;
- уравнения движения твердого тела с упругими элементами конструкции;
- метод конечных элементов в теории упругости;
- структуру автомата стабилизации с учетом мест расположения исполнительных органов и чувствительных элементов;
- явление захвата упругими колебаниями автомата стабилизации;
- методы оценки устойчивости движения ККК с упругими элементами конструкции.

уметь:

- в рамках теории тонких стержней оценивать собственные частоты и формы упругих колебаний конструкции;
- рассчитывать передаточную функцию от исполнительного органа к чувствительному элементу, с учетом упругой связи между ними;
- Рассчитывать полосовые самонастраивающиеся фильтры в контуре управления движением ККК;
- Оценивать влияние жидкостного наполнения (в рамках его механического аналога в виде присоединенных осцилляторов) на динамику движения объекта управления;
- настраивать параметры систем управления движением космических аппаратов с упругими элементами.

владеть:

- культурой математической постановки задач управления движением космических аппаратов с упругими элементами конструкции;
- базовыми основами работы в коммерческих программных продуктах использующих метод конечных элементов (NASTRAN, ANSYS);
- методикой расчета устойчивости движения объекта управления с учетом динамики его конструкции;
- математической теорией фильтрации;
- навыками самостоятельной работы с научной литературой по управлению крупногабаритными космическими конструкциями.

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

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

Перечень контрольных вопросов:

1. Описание систем координат.
2. Вывод формул для аэродинамического момента в рамках зеркально-диффузионной модели обтекания свободномолекулярным потоком.
3. Вывод формул для гравитационного момента в поле ньютоновского потенциала
4. Вывод формул для магнитного момента в рамках модели взаимодействия токовых и магнитных систем ККК с магнитным диполем Земли.
5. Вывод формул для моментов сил солнечного давления в рамках зеркально-диффузионного отражения.
6. Кинематические нелинейные уравнения движения в кватернионной форме относительно орбитальной системы координат.
7. Связь кинематических соотношений в кватернионной (параметры Родрига-Гамильтона) форме с кинематическими соотношениями в форме в углах Эйлера-Крылова и в форме Пуассона.
8. Теорема об изменении кинетического момента, динамические уравнения Эйлера.
9. Линеаризация кинематических и динамических уравнений движения относительно орбитальной системы координат.
10. Решения линеаризованных уравнений, положения равновесия.
11. Вывод уравнений поперечных колебаний стержня, определение жесткости поперечных колебаний, граничные условия на свободных концах стержня.
12. Метод Фурье и метод Даламбера решения уравнений математической физики гиперболического типа.
13. Задача Штурма Лиувилля для уравнений изгибных колебаний свободного стержня.
14. Нормальные координаты, собственные частоты и собственные формы упругих колебаний конструкции.
15. Ортогональность собственных форм и их нормировка, моды движения.
16. Вынужденные колебания свободного стержня под действием сосредоточенных силовых и моментных нагрузок.
17. Метод конечных элементов в теории упругости, базовые функции.
18. Линейные и угловые собственные формы упругих колебаний.
19. Расчет собственных частот и трехмерных пространственных нормированных форм упругих колебаний конструкции.
20. Разложение векторов, сосредоточенных силовых и моментных нагрузок по ортогональному базису n -мерного гильбертова пространства (пространство Галеркина) с помощью нормированных линейных и угловых собственных форм колебаний конструкции в местах установки исполнительных органов.
21. Формирование информации об угловых (скоростных и позиционных) отклонениях в измерительных каналах чувствительных элементов с учетом упругих колебаний конструкции в местах их установки, как задача обратного перепроектирования решений неоднородных уравнений, разложенных по нормальным координатам, из пространства Галеркина в трехмерное евклидовое пространство.

22. Учет рассеивания энергии упругих колебаний конструкции. Гипотеза Сорокина и Фойхта.
23. Вывод передаточной функции от исполнительного органа к чувствительному элементу, с учетом упругой связи между ними.
24. Физический смысл критерия амплитудной устойчивости.
25. Физический смысл критерия фазовой устойчивости.
26. Явление захвата автомата стабилизации упругими колебаниями конструкции.
27. Влияние жидкостного наполнения (в рамках его механического аналога в виде присоединенных осцилляторов) на динамику движения объекта управления.
28. Конструкционные решения выбора мест расположения исполнительных органов и чувствительных элементов.
29. Влияние запаздывания формирования управляющего сигнала на устойчивость движения ККК.
30. Активное демпфирование упругих колебаний конструкции.
31. Расчет полосовых самонастраивающихся фильтров в контуре управления движением ККК;

Примеры билетов:

№ 1

1. Вывод формул для гравитационного момента в поле ньютоновского потенциала
2. Учет рассеивания энергии упругих колебаний конструкции. Гипотеза Сорокина и Фойхта.

№ 2

1. Физический смысл критерия фазовой устойчивости.
2. Ортогональность собственных форм и их нормировка, моды движения.

Критерии оценивания

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 по результатам контрольных, самостоятельных работ и тестов, если он твердо знает материал экзаменационного билета, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности;

оценка «хорошо (6)» выставляется студенту по результатам контрольных, самостоятельных работ и тестов, 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 студенту по результатам контрольных, самостоятельных работ и тестов, если он знает материал экзаменационного билета, излагает его, умеет применять полученные знания на практике, не допускает в ответе грубых ошибок;

оценка «удовлетворительно (4)» выставляется студенту по результатам контрольных, самостоятельных работ и тестов, а также, 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 по результатам контрольных, самостоятельных работ и тестов, а также, 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 по результатам контрольных, самостоятельных работ и тестов, а также, 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.

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 двух астрономических часов.

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

Во время проведения экзамена при ответе на вопросы по билету или по программе дисциплины экзаменуемый не может пользоваться конспектами лекций и семинаров и любой другой литературой.