

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

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

	<b>Рабочая программа дисциплины (модуля)</b>
<b>по дисциплине:</b>	Системное проектирование космической техники
<b>по направлению:</b>	Техническая физика
<b>профиль подготовки:</b>	Техническая физика космических летательных аппаратов Физтех-школа Аэрокосмических Технологий кафедра космических летательных аппаратов
<b>курс:</b>	1
<b>квалификация:</b>	магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 2 (весенний) - Экзамен

Аудиторных часов: 30 всего, в том числе:

лекции: 30 час.

семинары: 0 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 30 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 90, всего зач. ед.: 2

Программу составил: А.А. Романов, д-р техн. наук

Программа обсуждена на заседании кафедры космических летательных аппаратов 28.03.2022

## Аннотация

Курс "Системное проектирование космической техники" относится к вариативной части образовательной программы, изучается в 1 семестре магистратуры.

Изучение данной дисциплины опирается на знания, полученные в процессе освоения дисциплины «Математический анализ», «Линейная алгебра и аналитическая геометрия», «Дифференциальные уравнения», «Теория вероятностей», «Общая физика», «Экология», «Основы системного инжиниринга космических систем», «Управление космическими программами и проектами», «Динамика космического полёта».

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

Содержание курса основывается на системных знаниях, полученных в ходе изучения следующих тем:

Концептуальное проектирование космических миссий.

Детальное проектирование космических систем.

Анализ технологической готовности.

Управление космическими проектами.

## 1. Цели и задачи

### Цель дисциплины

изучение основ системной разработки перспективных космических средств, используемых при создании космических информационных систем навигации, связи и дистанционного зондирования Земли, а также обеспечение начинающих системных инженеров комплексом минимально необходимых знаний по процессам, подходам, средствам и сопутствующей информации системного инжиниринга космической техники.

### Задачи дисциплины

- приобретение теоретических знаний в области системного проектирования космической техники;
- получение студентами базовых навыков использования методического аппарата системной разработки;
- изучение простейших методов разработки, создания и испытаний космической техники на разных этапах жизненного цикла проектов;
- ознакомление с методами взаимодействия участников проектной команды;
- подготовка к реализации собственных исследовательских проектов.

## 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 исследовательским проектом на всех этапах его реализации	УК-2.2 Способен прогнозировать результат деятельности и планировать последовательность шагов для достижения данного результата. Формирует план-график реализации проекта в целом и план контроля его выполнения
ОПК-4 Способен осуществлять научный поиск и разработку новых перспективных подходов и методов к решению профессиональных задач, готовность к активному участию в научной и	ОПК-4.1 Способен анализировать задачу, планировать пути решения, предлагать и комбинировать способы решения
	ОПК-4.2 Способен использовать исследовательские методы при решении новых задач, применяя знания в различных областях науки (техники)

инновационной деятельности, конференциях, выставках и презентациях	ОПК-4.3 Способен выдвигать гипотезы, строить модели для описания изучаемых явлений и процессов, предлагать новые пути решения профессиональных задач
ПК-2 Способен самостоятельно выполнять физико-технические научные исследования для оптимизации параметров объектов и процессов с использованием стандартных и специально разработанных инструментальных и программных средств	ПК-2.1 Владеет современными физико-техническими методами теоретического и экспериментального исследования
	ПК-2.2 Применяет методы математического анализа и строит математические модели для решения задач оптимизации

### 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные направления системной разработки космической техники, составляющей основу космических информационных систем;
- основные методы системного анализа сложных технических систем;
- теоретические основы аналитического иерархического процесса, обеспечивающего выбор альтернатив из набора возможных вариантов системных проектов создания космических комплексов;
- проблемы и риски, возникающие при синтезе космических систем;
- физические законы и физико-математические модели, лежащие в основе описания функциональной и физической архитектуры космических комплексов и систем;
- основные понятия, определения и уравнения, используемые при постановке и решении задач создания перспективных космических систем различного целевого назначения;
- основы теории надежности сложных технических систем;
- общую постановку и методы валидации и верификации проектируемых космических систем.

уметь:

- применять на практике методический аппарат системного проектирования, основные понятия, физико-математические модели и методы системной разработки космической техники;
- формулировать подходы к описанию концепций создаваемых космических систем их эксплуатационных сценариев;
- на основании методов отбора и оценки производить обоснованный выбор альтернатив и упрощение анализируемых функциональных и физических архитектур создаваемых космических систем;
- производить численные оценки ключевых характеристик, формирующих исходные данные и требования к создаваемой космической технике;
- выбирать наиболее эффективный подход к проектированию в зависимости от конкретного набора требований и исходных данных;
- осваивать новые предметные области, теоретические подходы и экспериментальные методики, связанные с разработкой и созданием сложных технических аэрокосмических систем.

владеть:

- навыками усвоения большого объема междисциплинарной информации в области системного инжиниринга космической техники;
- культурой постановки и моделирования физических и научно-технических задач в предметной области разработки и создания космических систем и комплексов;
- навыками постановки типовых прикладных целевых задач, решаемых космическими информационными системами связи, навигации и ДЗЗ и представлениями о путях их решения;
- навыками системного проектирования космических систем;
- 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

	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.
--	---

№	Тема (раздел) дисциплины	Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Введение в системное проектирование космической техники.	2			2
2	Жизненный цикл проекта создания космической системы.	2			2
3	Обзор космической миссии и концепция функционирования космической системы.	2			2
4	Архитектура космической системы.	2			2
5	Иерархия космической системы и структура выполняемых работ.	2			2
6	Написание правильных исходных данных проекта создания космической системы.	2			2
7	Функциональный анализ космических систем.	2			2
8	Исследование компромиссов.	2			2
9	Аналитический иерархический процесс.	2			2
10	Синтез космической системы.	2			2
11	Основы проектирования.	2			2
12	Уровни технологической готовности.	2			2
13	Надежность космических систем.	2			2
14	Валидация и верификация результатов системного проектирования.	2			2
15	График выполнения проектных работ. Системное проектирование и распределение управленческих функций/планов. Работа в команде проекта.	2			2
Итого часов		30			30
Подготовка к экзамену		30 час.			
Общая трудоёмкость		90 час., 2 зач.ед.			

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

##### Семестр: 2 (Весенний)

##### 1. Введение в системное проектирование космической техники.

Структура и состав космических систем. Схема деления космических комплексов. Система российских, американских и европейских космических стандартов создания средств космической техники. Системное проектирование оптико-электронных систем. Термины и определения системного проектирования.

##### 2. Жизненный цикл проекта создания космической системы.

Описание общих фаз жизненного цикла проекта, их целей, основных мероприятий, конечной продукции и процедур контроля на границах выполнения фаз. Определение исходных данных на космическую систему. Циклограмма фаз жизненного цикла проекта в модели процесса системного проектирования «V». Типовые сроки разработки для каждой из фаз проектов НАСА и ФКА. Задачи и значимость выполнения технической экспертизы, временные метки проведения технической экспертизы на жизненном цикле проекта. Критерии для стандартной технической экспертизы проекта. Завершение технической экспертизы.

### 3. Обзор космической миссии и концепция функционирования космической системы.

Важность максимально точного описания миссии или проекта космической системы. Содержание описания, включая необходимость создания, цели миссии, основные решаемые задачи, принимаемые допущения, руководство процессом разработки и обязательства, главные ограничения, а также концепция эксплуатации. Разработка эксплуатационной концепции миссии (ConOps). Описание информации, содержащейся в ConOps. Примеры концепций космических миссий.

### 4. Архитектура космической системы.

Место разработки архитектуры космической системы в контексте необходимости проведения анализа ее эксплуатационной концепции, функционального анализа космической системы и системного проектирования космической техники. Различные типы архитектур космических систем и некоторые методы их разработки. Разработка архитектуры как индуктивный процесс, основанный на эвристическом осмыслении и опыте системного инженера, создающего архитектуру космической системы (которого иначе называют системным архитектором).

### 5. Иерархия космической системы и структура выполняемых работ.

Связь архитектуры системы и схемы деления создаваемого выходного продукта (PBS). Преимущества и стоимость создания системной иерархии. Отображение всех видов работ, необходимых для реализации проекта создания космических систем, путем создания схемы деления работ (WBS).

### 6. Написание правильных исходных данных проекта создания космической системы.

Определение роли правильных требований к системе в успехе проекта в целом. Значимость разработки хороших исходных данных: плохие требования – самая большая проблема для проектов, поскольку, чем позднее идентифицирована проблема – тем дороже ее преодоление. Описание различных типов исходных данных. Установление направлений распространения требований – назначение ресурсов, ниспадающий поток и вторичный поток. Мониторинг требований. Декомпозиция системы.

### 7. Функциональный анализ космических систем.

Определение задачи функционального анализа и его место в контексте проектирования космической системы. Методы и значимость функционального анализа. Инструменты функционального анализа – функциональные блок-диаграммы (Functional Flow Block Diagrams) и анализ временного ряда (Time Line Analysis). Примеры применения.

### 8. Исследование компромиссов.

Описание типового процесса изучения компромиссных вариантов с примерами. Изучение компромиссов как механизм поддержки принятия решений на всем протяжении жизненного цикла проекта. Существующие эвристики по исследованию компромиссов. Описание дерева компромиссов как возможного графика управления проектом.

### 9. Аналитический иерархический процесс.

Определение основных этапов процесса принятия решений. Важность использования показателей значимости (FOM) и примеры FOMs. Построение иерархического аналитического процесса (АНР), как пример метода отбора наилучших альтернатив. Возможные «за» и «против» использования АНР. Использование ресурсных ограничений и непредвиденных обстоятельств при разработке системы. Разница между ограничениями и непредвиденными обстоятельствами. Рост значимости оценки ресурсов по мере готовности системы.

#### 10. Синтез космической системы.

Определение понятия синтез систем и его описание в контексте процесса системного проектирования. Использование понятия синтез систем для преобразования функциональной архитектуры в оптимизированную физическую архитектуру космической системы. Описание некоторых экспертных знаний и концепций, полезных для правильного системного проектирования. Модульное проектирование с низкой связанностью, высокой плотностью и малым количеством подключений. Устойчивое проектирование, удовлетворяющее предъявляемым требованиям к системе в широком диапазоне состояний окружающей среды или входных параметров.

#### 11. Основы проектирования.

Основные процессы проектирования и различные методы выполнения проектных работ. Использование опыта предыдущих проектных решений в дополнение к различным альтернативам на раннем этапе процесса. Правомерность традиционных приложений и характеристики аппаратуры космических аппаратов. Примеры различных проектов космических систем.

#### 12. Уровни технологической готовности.

Различные уровни готовности технологий, чем ниже уровень, тем выше риски. Шкала уровней технологической готовности (Technology Readiness Level (TRL)), используемая для оценки готовности технологии к использованию в космическом полете. Корреляция между технологической готовностью и риском. Уменьшение системного риска за счет заблаговременной разработки технологий с низким TRL, Пример системы космического телескопа JWST, использующей для снижения риска проекта доступные технологии и их заблаговременную разработку.

#### 13. Надежность космических систем.

Важность надежности космической техники для аэрокосмической отрасли, как инженерной дисциплины внутри системного проектирования. Ключевые положения надежности, такие как константа скорости отказов, среднее время между отказами и кривая с формой «ванны». Разные способы дублирования систем, включая отказоустойчивость, функциональное дублирование, а также предотвращение отказов. Обзор способов расчета надежности и использование блок-диаграмм.

#### 14. Валидация и верификация результатов системного проектирования.

Процедуры верификации и валидации для требований к космическим системам и самим системам. Различие между верификацией и валидацией. Место планирования верификации и валидации в контексте жизненного цикла системы и V-модели проектирования системы. Матрица верификации. Четыре основных метода верификации – тестирование, демонстрация, анализ и инспектирование. Типовые тесты состояния окружающей среды. Примеры последствий плохой верификации.

#### 15. График выполнения проектных работ. Системное проектирование и распределение управленческих функций/планов. Работа в команде проекта.

Различные типы графиков: диаграмма Ганта, график ключевых событий, сетевые графики. Их преимущества и недостатки. Ключевые концепции критического пути и потока в приложениях к сетевым графикам. Разработка графика и оценка периодов выполнения этапов. Рекомендации по временным границам. Примеры контроля исполнения графиков и форматы отчетов о выполнении.

Различия между обязанностями менеджера проекта и системного инженера проекта. Два ключевых документа по управлению: план проекта и управляющий план системного инженера. Два типа управления выполняемыми работами: последовательный и матричный

Значимость работы в команде при выполнении системного проектирования. Описание принципов формирования успешных команд. Типы индивидуальностей, которые могут быть собраны в команду. Изучение преимуществ и применимости индикаторов типа личностей Майерс-Бриггс

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

учебная аудитория, оснащенная компьютером и мультимедийным оборудованием: проектор, интерактивная доска.

## **6. Перечень рекомендуемой литературы**

### **Основная литература**

1. Системная разработка космической техники [Текст] : в 2 ч. Ч. 1 : учеб. пособие для вузов / А. А. Романов ; М-во образования и науки РФ, Моск. физ.-техн. ин-т (гос. ун-т) .— М. : МФТИ, 2015 .— 288 с.
2. Системная разработка космической техники [Текст] : в 2 ч. Ч. 2 : учеб. пособие для вузов / А. А. Романов ; М-во образования и науки РФ, Моск. физ.-техн. ин-т (гос. ун-т) .— М. : МФТИ, 2015 .— 239 с.

### **Дополнительная литература**

Фонд литературы базовой кафедры (организации):

1. Геоинформационные технологии и интерактивная компьютерная обработка изображений в задачах дистанционного зондирования океана [Текст]: учебное пособие / А.А.Романов; Моск. физ.-техн. ин-т (гос. ун-т) .— М. : МФТИ, 1999 .— 230 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)**

Microsoft Office, Microsoft Power Point, программные пакеты Matlab, Excel.

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

Успешное освоение курса «Системное проектирование космической техники» требует самостоятельной работы студента. В программе курса приведено минимально необходимое время для работы студента над темой.

Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение рекомендованной литературы;
- проработку учебной и научной литературы;

- участие в научно-исследовательской работе;
- участие в научно-технических конференциях.

Руководство и контроль над самостоятельной работой студента осуществляется в результате индивидуальных консультаций. Показателем владения материалом служит умение ставить и решать технические задачи.

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

<b>по направлению:</b>	Техническая физика
<b>профиль подготовки:</b>	Техническая физика космических летательных аппаратов Физтех-школа Аэрокосмических Технологий кафедра космических летательных аппаратов
<b>курс:</b>	1
<b>квалификация:</b>	магистр
Семестр, формы промежуточной аттестации: 2 (весенний) - Экзамен	
<b>Разработчик:</b>	А.А. Романов, д-р техн. наук

## 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 исследовательским проектом на всех этапах его реализации	УК-2.2 Способен прогнозировать результат деятельности и планировать последовательность шагов для достижения данного результата. Формирует план-график реализации проекта в целом и план контроля его выполнения
ОПК-4 Способен осуществлять научный поиск и разработку новых перспективных подходов и методов к решению профессиональных задач, готовность к активному участию в научной и инновационной деятельности, конференциях, выставках и презентациях	ОПК-4.1 Способен анализировать задачу, планировать пути решения, предлагать и комбинировать способы решения
	ОПК-4.2 Способен использовать исследовательские методы при решении новых задач, применяя знания в различных областях науки (техники)
	ОПК-4.3 Способен выдвигать гипотезы, строить модели для описания изучаемых явлений и процессов, предлагать новые пути решения профессиональных задач
ПК-2 Способен самостоятельно выполнять физико-технические научные исследования для оптимизации параметров объектов и процессов с использованием стандартных и специально разработанных инструментальных и программных средств	ПК-2.1 Владеет современными физико-техническими методами теоретического и экспериментального исследования
	ПК-2.2 Применяет методы математического анализа и строит математические модели для решения задач оптимизации

## 2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Системное проектирование космической техники» обучающийся должен:

### знать:

- основные направления системной разработки космической техники, составляющей основу космических информационных систем;
- основные методы системного анализа сложных технических систем;
- теоретические основы аналитического иерархического процесса, обеспечивающего выбор альтернатив из набора возможных вариантов системных проектов создания космических комплексов;
- проблемы и риски, возникающие при синтезе космических систем;
- физические законы и физико-математические модели, лежащие в основе описания функционирования и физической архитектуры космических комплексов и систем;
- основные понятия, определения и уравнения, используемые при постановке и решении задач создания перспективных космических систем различного целевого назначения;
- основы теории надежности сложных технических систем;
- общую постановку и методы валидации и верификации проектируемых космических систем.

### уметь:

- применять на практике методический аппарат системного проектирования, основные понятия, физико-математические модели и методы системной разработки космической техники;
- формулировать подходы к описанию концепций создаваемых космических систем их эксплуатационных сценариев;
- на основании методов отбора и оценки производить обоснованный выбор альтернатив и упрощение анализируемых функциональных и физических архитектур создаваемых космических систем;
- производить численные оценки ключевых характеристик, формирующих исходные данные и требования к создаваемой космической технике;
- выбирать наиболее эффективный подход к проектированию в зависимости от конкретного набора требований и исходных данных;
- осваивать новые предметные области, теоретические подходы и экспериментальные методики, связанные с разработкой и созданием сложных технических аэрокосмических систем.

**владеть:**

- навыками усвоения большого объема междисциплинарной информации в области системного инжиниринга космической техники;
- культурой постановки и моделирования физических и научно-технических задач в предметной области разработки и создания космических систем и комплексов;
- навыками постановки типовых прикладных целевых задач, решаемых космическими информационными системами связи, навигации и ДЗЗ и представлениями о путях их решения;
- навыками системного проектирования космических систем;
- 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 самостоятельных работ или тестов в письменной форме по каждой теме.

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

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

Промежуточная аттестация по дисциплине «Системное проектирование космической техники» проводится в форме экзаменов.

Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену:

1. Разъясните смысл терминов системная разработка и системное проектирование.
2. Общность и различие искусства и науки системного инжиниринга.
3. Основные поведенческие характеристики хорошего системного инженера.
4. Принципы и сущность процесса системного проектирования.
5. Основной набор инженерных дисциплин, входящих в системное проектирование.
6. Набор стандартов системного инжиниринга космической техники ЕКА и НАСА.
7. Процессы технической разработки, изготовления и управления в системном инжиниринге.
8. Опишите все «за» и «против» продолжения вашего образования в направлении системного инжиниринга по вашей выбранной специальности.
9. Сформулируйте основные отличительные признаки жизненных циклов изделия, используемые космическими агентствами России, Европы и США.
10. Исходные данные на разработку системы и конечные продукты каждой фазы ЖЦ.
11. Отличие ИД от требований ТЗ.
12. Взаимосвязи процессов разработки и верификации с фазами ЖЦ проекта космической системы.
13. Предопределенная и реальная стоимость жизненного цикла разработки космической техники.
14. Итеративность и рекурсивность процессов системного инжиниринга на разных фазах жизненного цикла разработки космической техники.

15. Связь фаз жизненных циклов разработки космической техники и мероприятий по проведению технической экспертизы проектов.
16. Вспомните какие-либо случаи из вашего жизненного опыта, или изделия, которые бы доставили вам хлопоты с их использованием. Пусть это будет просто название, хотя гораздо лучше, чтобы это были какие-либо потребительские характеристики изделия, которые были очень неудобны для использования. Старайтесь быть максимально конкретными. То, что вы делаете, является реальным формированием перечня пожеланий заказчика к изделию. Дополните ваш перечень мыслями своих коллег по команде. Возможно, вы придумаете идею для изобретения.
17. Чем схема деления изделия отличается от схемы деления работ.
18. Дайте определения и разъясните разницу иерархических уровней системы.
19. Разработайте схему деления для космических миссий ДЗЗ, связи и навигации. Объясните принципиальную разницу между ними.
20. В чем состоят отличия архитектуры здания, Интернета и космической системы?
21. Назовите основные типы и стили архитектуры системы.
22. В чем заключается концептуальное и объединяющее проектирование и где при этом место разработки архитектуры системы.
23. Привести примеры архитектур перспективных космических систем.
24. Разработайте исходные данные на систему дистанционного зондирования Земли на базе наноспутников.
25. Сформулируйте функциональные требования к сотовому телефону.
26. Сформулируйте точностные требования к космической системе FireSat.
27. Определите основные этапы процесса функционального анализа космической системы.
28. Объясните общие принципы и разницу формирования матриц функций/приборов, функций/стоимости и соединений между приборами.
29. Назовите и объясните основные инструменты выполнения функционального анализа космической миссии.
30. Приведите примеры последовательности выполнения функционального анализа.
31. Сконструируйте простое персональное дерево решений (без использования вероятностей) о том, брать ли с собой зонтик при выходе из дома на прогулку в облачный день.

Пример экзаменационного билета:

Экзаменационный билет № 1

1. Перечислите факторы, важные при разработке новых технологически ориентированных изделий.
2. Разработайте перечень проектных экспертиз для вашего собственного проекта.

#### 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, а также по результатам контрольных работ;

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

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

оценка «хорошо (7)» выставляется студенту по результатам контрольных работ, 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 работ, 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 работ, 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 работ, 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 работ, 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 работ, 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 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 до 40 минут на подготовку. Опрос обучающегося по билету на устном экзамене не должен превышать двух астрономических часов.

Преподавателю предоставляется право, помимо теоретических вопросов студентам дополнительные вопросы, уточняющие понимание содержания курса.

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

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