

**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>	Прикладные математика и физика
<b>профиль подготовки:</b>	Космические технологии
	Физтех-школа Аэрокосмических Технологий
	центр образовательных программ ФАКТ
<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 составили:

А.А. Романов, д-р техн. наук, профессор

В.Е. Квитка, канд. техн. наук

Программа обсуждена на заседании центра образовательных программ ФАКТ 02.12.2024

## Аннотация

Курс лекций «Системное проектирование космической техники» посвящен проблемам создания сложных технических систем, которые включают интеграцию различных элементов разработки на всех этапах жизненного цикла изделий от обоснования исходных данных до экспертизы принимаемых решений.

В курсе содержится систематическое изложение следующих основных разделов: структурирование жизненного цикла проекта; формулирование целей создания системы и концепции ее функционирования; обоснование архитектуры системы, ее иерархии и структуры набора выполняемых работ; формулирование требований к системе; функциональный анализ и синтез системы; основы проектирования и системные интерфейсы; измерение технических параметров; стоимостной анализ; анализ рисков; описание уровней технологической готовности; исследование компромиссов; надежность системы; проблемы валидации и верификации; отчетную документацию процесса проектирования; разработку временных графиков проекта; управление проектом, формулирование требований к участникам для работы в команде проекта, а также экономику системного проектирования.

## 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-1.2 Осуществляет поиск вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации
	УК-1.1 Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними
	УК-1.3 Разрабатывает стратегию достижения поставленной цели как последовательность шагов, предвидя результат каждого из них и оценивая их влияние на внешнее окружение планируемой деятельности и на взаимоотношения участников этой деятельности
УК-2 Способен управлять 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-1.3 Понимает междисциплинарные связи в области математики и физики и способен их применять при решении задач профессиональной деятельности

ОПК-1 Владеет системой фундаментальных научных знаний в области физико-математических наук	ОПК-1.1 Знает и способен использовать в профессиональной деятельности фундаментальные научные знания в области физико-математических наук
	ОПК-1.2 Способен обобщать и критически оценивать опыт и результаты научных исследований в области профессиональной деятельности
ОПК-4 Способен успешно реализовывать решение поставленной задачи, провести анализ результата и представить выводы, применяя знания и навыки в области физико-математических наук и информационно-коммуникационных технологий	ОПК-4.2 Способен применять знания в области физико-математических наук для решения поставленной задачи, формулирования выводов и оценки полученных результатов
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

### 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 и 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

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Концептуальное проектирование космических миссий.	8			5
2	Детальное проектирование космических систем.	8			5
3	Анализ технологической готовности.	8			5
4	Управление космическими проектами.	6			15
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. Концептуальное проектирование космических миссий.

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.

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.

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.

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).

## 2. Детальное проектирование космических систем.

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).

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.

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.

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.

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.

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.

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 КА. Примеры различных проектов 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.

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.

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.

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.

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 КА. Примеры различных проектов космических систем.

### 3. Анализ 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

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.

Процедуры верификации и валидации для требований к космическим системам и самим систем. 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.

### 4. Управление космическими проектами.

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)**

Не используются.

#### **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, Matlab.

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

Успешное освоение дисциплины «Системное проектирование космической техники» требует напряжённой самостоятельной работы студента. В программе курса приведено минимально необходимое время для работы студента над темой. Самостоятельная работа включает в себя:

- проработку учебного материала по конспектам лекций и материалам семинарских занятий;
- чтение и конспектирование рекомендованной основной и дополнительной литературы;
- разбор рекомендуемых преподавателем примеров и вопросов из перечня.

Руководство и контроль за самостоятельной работой студента осуществляется преподавателем в форме выборочных опросов на лекциях и семинарах и индивидуальных консультаций. В отсутствие в программе дисциплины домашних заданий и контрольных работ основными показателями владения материалом являются оценки в ходе рубежного контроля, а также в процессе итоговой (экзамен) аттестации умения демонстрировать знания, полученные из материалов лекций и рекомендуемой литературы при ответах на основные вопросы экзаменационного билета и дополнительные вопросы.

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

**по направлению:** Прикладные математика и физика  
**профиль подготовки:** Космические технологии  
Физтех-школа Аэрокосмических Технологий  
центр образовательных программ ФАКТ  
**курс:** 1  
**квалификация:** магистр

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

**Разработчики:**

А.А. Романов, д-р техн. наук, профессор  
В.Е. Квитка, канд. 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-1.2 Осуществляет поиск вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации
	УК-1.1 Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними
	УК-1.3 Разрабатывает стратегию достижения поставленной цели как последовательность шагов, предвидя результат каждого из них и оценивая их влияние на внешнее окружение планируемой деятельности и на взаимоотношения участников этой деятельности
УК-2 Способен управлять 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-1 Владеет системой фундаментальных научных знаний в области физико-математических наук	ОПК-1.3 Понимает междисциплинарные связи в области математики и физики и способен их применять при решении задач профессиональной деятельности
	ОПК-1.1 Знает и способен использовать в профессиональной деятельности фундаментальные научные знания в области физико-математических наук
	ОПК-1.2 Способен обобщать и критически оценивать опыт и результаты научных исследований в области профессиональной деятельности
ОПК-4 Способен успешно реализовывать решение поставленной задачи, провести анализ результата и представить выводы, применяя знания и навыки в области физико-математических наук и информационно-коммуникационных технологий	ОПК-4.2 Способен применять знания в области физико-математических наук для решения поставленной задачи, формулирования выводов и оценки полученных результатов
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

## 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 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 и 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.

### **3. Перечень типовых контрольных заданий, используемых для оценки знаний, умений, навыков**

Перечень контрольных вопросов (в произвольном порядке) для подготовки к экзамену в 10 семестре:

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 общие фазы жизненного цикла проекта, их цели, основные мероприятия, конечную продукцию и процедуры контроля на границах выполнения фаз.
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. Отличие ИД от требований ТЗ.
11. Взаимосвязи процессов разработки, верификации с фазами ЖЦ проекта космической системы.
12. Предопределенная и реальная стоимость жизненного цикла разработки космической техники.
13. Итеративность и рекурсивность процессов системного инжиниринга на разных фазах жизненного цикла разработки космической техники.
14. Технологическая схема жизненного цикла проекта создания космической системы.
15. Связь фаз жизненных циклов разработки космической техники и мероприятий по проведению технической экспертизы проектов.
16. Сформулируйте основные элементы описания российских космических миссий:  
А) пилотируемой (МКС),  
Б) метеорологической (Метеор, Электро),  
В) ДЗЗ (Ресурс, Канопус),  
Г) навигационной (ГЛОНАСС),  
Д) связи (Гонец, Экспресс, Ямал).  
Е) транспортной (Прогресс).  
Описание миссий должно включать: Формулировку необходимости создания; Цели миссии (1 или 2); Задачи миссии (не менее 2); Короткое описание миссии; Допущения; Руководство и ответственность; Ограничения, особенно стоимость и сроки.
17. Сформулируйте основные термины и определения системного проектирования
18. Определите процесс анализа и системного проектирования космической системы.
19. Разъясните этапы системного проектирования оптико-электронных систем.
20. Объясните циклограмму фаз жизненного цикла проекта в модели процесса системного проектирования типа «V».
21. Дайте описание некоторых экспертных знаний и концепций, полезных для правильного системного проектирования.
22. Сформулируйте принципы декомпозиция системы.
23. Чем схема деления изделия отличается от схемы деления работ.
24. Дайте определения и разъясните разницу иерархических уровней системы.
25. Разработайте схему деления для космических миссий ДЗЗ, связи и навигации. Объясните принципиальную разницу между ними.

26. Поясните место разработки архитектуры космической системы в контексте необходимости проведения анализа ее эксплуатационной концепции, функционального анализа космической системы и системного проектирования космической техники.
27. В чем состоят отличия архитектуры здания, Интернета и космической системы?
28. Назовите основные типы и стили архитектуры системы.
29. В чем заключается концептуальное и объединяющее проектирование и где при этом место разработки архитектуры системы.
30. Назовите различные типы архитектур космических систем и некоторые методы их разработки
31. Приведите примеры архитектур перспективных космических систем.
32. Опишите различные типы исходных данных на космическую систему.
33. Разработайте исходные данные на систему дистанционного зондирования Земли на базе наноспутников.
34. Объясните значимость разработки хороших исходных данных на космическую систему.
35. Сформулируйте требования к космической системе.
36. Установите направления распространения требований к космической системе в трех различных подходах – назначение ресурсов, ниспадающий поток и вторичный поток.
37. В чем состоит разработка эксплуатационной концепции миссии (ConOps).
38. Сформулируйте функциональные требования к малому спутнику связи на базе сотового телефона.
39. Определите инструменты функционального анализа – функциональные блок диаграммы (Functional Flow Block Diagrams) и анализ временного ряда (Time Line Analysis).
40. Сформулируйте точностные требования к космической системе FireSat.
41. Опишите примеры требований к космическому телескопу Вебба, приведенные в работе JWST Science Requirements Document.pdf
42. Определите основные этапы процесса функционального анализа космической системы.
43. Объясните общие принципы разницу формирования матриц функций/приборов, функций/стоимости и соединений.
44. В чем заключается различие между функциональной и физической архитектурами космического аппарата.
45. Назовите и объясните основные инструменты выполнения функционального анализа космической миссии.
46. Приведите примеры последовательности выполнения функционального анализа.
47. Опишите типовые процессы изучения компромиссных вариантов концепций систем с примерами.
48. Предложите варианты использования метода аналитического иерархического процесса.
49. Использование структурированной функции качества при идентификации критических космических технологий.
50. Критически важные космические технологии и их роль в системной разработке космической техники.
51. Предложите несколько примеров из окружающих предметов повседневного использования с явно выраженной модульной, интегральной и смешанной архитектурой изделия.
52. Разъясните применимость N-квадрат диаграмм при описании интерфейсов космических систем.
53. Разъясните влияние автоматизированных средств проектирования (CAE), обеспечивающих глобальные электронные коммуникации нарастающим подходом.

- Как при этом меняется практика детального проектирования?
54. Поясните принцип устойчивого проектирования, удовлетворяющий предъявляемым требованиям к системе в широком диапазоне состояний окружающей среды или входных параметров.
  55. Назовите критерии для стандартной технической экспертизы проекта.
  56. Разработайте перечень проектных экспертиз для вашего собственного проекта.
  57. Внимательно изучите одну из научно-технических журнальных статей по вашей узкой научной специальности и прокомментируйте, насколько она соответствует тем подходам к написанию научных отчетов, которые были рассмотрены.
  58. Напишите план-проспект работ по вашему проекту на 1 месяц. При необходимости продлите сроки написания.
  59. Подготовьте презентацию в PowerPoint для первого варианта представления проекта вашей команды.
  60. Изучение компромиссов, как механизм поддержки принятия решений на всем протяжении жизненного цикла проекта.
  61. Определите понятия синтез систем и опишите его в контексте процесса системного проектирования
  62. После ознакомления с образцом документа с требованиями к интерфейсам для миссии GLAST разъясните необходимость разработки подобных материалов. Особое внимание следует уделить использованию терминов и определений, платформе КА, удовлетворяющей требованиям к научной аппаратуре, диаграммам N2 миссии GLAST.
  63. Все ли интерфейсы разрабатываемой системы идентифицированы и документированы? Создан ли механизм мониторинга изменений интерфейсов вне вашей ответственности? Привлечены ли к разработке специалисты с обеих сторон интерфейса? Были ли упрощены, насколько возможно, все интерфейсы?
  64. Опишите три любые изделия, изготавливаемые из простых компонентов и их интерфейсы.
  65. Перечислите факторы, важные при разработке новых технологически ориентированных изделий.
  66. Важным аспектом любого проекта, направленного на новую разработку, является обеспечение уверенности в том, что сроки проекта укладываются в отведенное «окно возможностей». Используйте для пояснений рисунок.
  67. Перечислите ключевые шаги процесса передачи технологий. Какие факторы затрудняют передачу технологий? В каких формах при этом передается информация?
  68. Какие новые технологические разработки составляют сегодня передовой мировой уровень космической индустрии. Приведите примеры с привязкой к достигнутым уровням технологической готовности? Объясните, как каждая из них влияет на глобальный рынок космической продукции.
  69. Оценка готовности технологий для использования в космических проектах.
  70. Важность проведения экспертизы космических проектов.
  71. Разработка календарного плана создания космической системы.
  72. Ключевые концепции критического пути временного графика создания космической системы.
  73. Вы главный системный инженер по разработке миссии к спутнику Марса - Европе. Ваша PDR запланирована через 3 месяца. Что вам нужно делать?
  74. Что необходимо делать команде разработчиков при разработке космической миссии?
  75. Какие преимущества вы рассчитываете получить, проведя PDR? Как это позволит экономить время?
  76. Проведите экспертизу вашей бакалаврской работы с позиций изученных требований. Насколько она соответствует требованиям, предъявляемым к научной работе?
  77. Проведите идентификацию рисков для известных проектов.
  78. Какие виды рисков идентифицированы?

79. Что составляет основу исследования рисков?

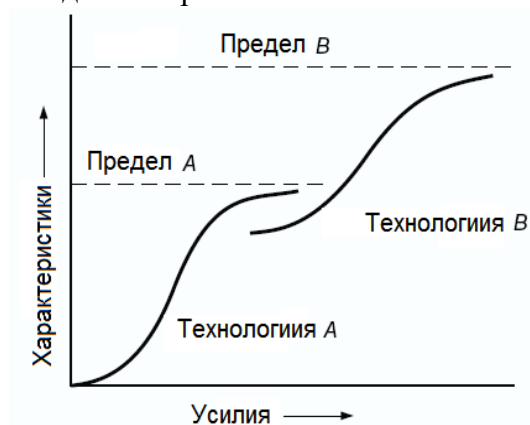


Рисунок. Технологическое окно возможностей.

80. Характеристики эффективной команды проекта.
81. Объясните разницу в должностных обязанностях менеджера проекта и функционального менеджера в организации матричного типа.
82. Какие персоналии составляют команды проектировщиков?
83. К какому типу членов команды вы относите себя?
84. Технологическое окно возможностей.
85. Перечислите ключевые шаги процесса передачи технологий. Какие факторы затрудняют передачу технологий? В каких формах при этом передается информация?
86. Какие новые технологические разработки составляют сегодня передовой мировой уровень космической индустрии. Приведите примеры с привязкой к достигнутым уровням технологической готовности? Объясните, как каждая из них влияет на глобальный рынок космической продукции.
87. Вы главный системный инженер по разработке миссии к спутнику Марса - Европе. Ваша PDR запланирована через 3 месяца. Что вам нужно делать?
88. Что необходимо делать команде разработчиков при разработке космической миссии?
89. Какие преимущества вы рассчитываете получить, проведя PDR? Как это позволит экономить время?
90. Проведите экспертизу вашей бакалаврской работы с позиций изученных требований. Насколько она соответствует требованиям, предъявляемым к научной работе?
91. Проведите идентификацию рисков для известных проектов.
92. Какие виды рисков идентифицированы?
93. Что составляет основу исследования рисков?
94. Объясните разницу в должностных обязанностях менеджера проекта и функционального менеджера в организации матричного типа.
95. Какие персоналии составляют команды проектировщиков?
96. К какому типу членов команды вы относите себя?

#### 4. Примеры экзаменационных билетов, используемых для проведения экзамена:

В экзаменационный билет по дисциплине включены 3 вопроса: из перечня.

##### ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

1. Сформулируйте основные элементы описания российских космических метеорологических миссий, которые должны включать: формулировку необходимости создания; цели миссии (1 или 2); задачи миссии (не менее 2); короткое описание миссии; допущения.
2. Какие новые технологические разработки составляют сегодня передовой мировой уровень космической индустрии. Приведите примеры с привязкой к достигнутым

уровням технологической готовности? Объясните, как каждая из них влияет на глобальный рынок космической продукции.

3. Что составляет основу исследования рисков реализации космического проекта?

#### ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 2

1. Взаимосвязи процессов разработки, верификации с фазами ЖЦ проекта космической системы.
2. Критически важные космические технологии и их роль в системной разработке космической техники.
3. Сформулируйте функциональные требования к малому спутнику связи на базе сотового телефона

#### ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 3

1. Принципы и сущность процесса системного проектирования.
2. Связь фаз жизненных циклов разработки космической техники и мероприятий по проведению технической экспертизы проектов.
3. Определите основные этапы процесса функционального анализа космической системы.

#### ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 4

1. Назовите критерии для стандартной технической экспертизы проекта.
2. Изучение компромиссов как механизм поддержки принятия решений на всем протяжении жизненного цикла проекта.
3. Определите понятия синтез систем и опишите его в контексте процесса системного проектирования.

#### ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 5

1. Сформулируйте основные термины и определения системного проектирования.
2. Опишите различные типы исходных данных на космическую систему.
3. Поясните принцип устойчивого проектирования, удовлетворяющий предъявляемым требованиям к системе в широком диапазоне состояний окружающей среды или входных параметров.

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

В отсутствие в программе дисциплины домашних заданий и контрольных работ основными показателями владения материалом являются оценки в ходе рубежного контроля и итоговой (экзамен) аттестации умения демонстрировать знания, полученные из материалов лекций, рекомендуемой литературы при ответах на основные и дополнительные вопросы экзаменационного билета.

Рубежный контроль применяется в формах: оценки преподавателем ответов на вопросы в процессе краткого (до 5 мин) выборочного устного опроса перед началом каждого занятия по материалам предыдущей лекции и оценки умения решать рассматриваемые на лекциях типовые примеры и задачи.

Экзамен по дисциплине в 10 семестре является заключительным этапом изучения всего курса и имеет целью проверку знаний студентов по теории и выявление навыков применения полученных знаний при решении практических задач, а также навыков самостоятельной работы с рекомендованными учебно-научной литературой и интернет ресурсами.

Экзамен проводится в устной форме по билетам, утвержденным заведующим кафедрой. Экзаменатору предоставляется право, помимо теоретических вопросов билета, давать студентам задачи и примеры, типовые варианты которых рассматривались на лекциях. Студенты с разрешения экзаменатора могут пользоваться конспектами лекций, семинаров, справочной литературой только во время подготовки к экзамену. На подготовку к экзамену и опрос отводится время в соответствии с утвержденными нормативами. При проведении экзамена могут быть использованы технические средства.