

**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>	Информационные технологии системного проектирования космических систем
<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

Семестры, формы промежуточной аттестации:

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

Аудиторных часов: 30 всего, в том числе:

лекции: 15 час.  
семинары: 15 час.  
лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 75 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 135, всего зач. ед.: 3

Программу составил: А.Б. Цветков, канд. техн. наук

Программа обсуждена на заседании кафедры космических летательных аппаратов 28.03.2022

## Аннотация

Курс "Информационные технологии системного проектирования космических систем" относится к вариативной части образовательной программы, изучается в 1 и 2 семестре магистратуры.

Изучение данной дисциплины опирается на знания, полученные в процессе освоения дисциплины "Компьютерные методы решения типовых задач деформируемого твёрдого тела", "Основы системного инжиниринга космических систем", "Управление космическими программами и проектами".

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

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

- Языки программирования и их применение в архитектурном проектировании космических систем.
- Основы работы с программными комплексами архитектурного и динамического моделирования космических систем.
- Основы работы с программными платформами концептуального параллельного проектирования космических систем.
- Основы инженерного анализа и детального проектирования космических систем с использованием программных комплексов.

## 1. Цели и задачи

### Цель дисциплины

изучение теории, методов, практик и получение базовых навыков информационного моделирования космических летательных аппаратов.

### Задачи дисциплины

- приобретение теоретических знаний в области информационного моделирования космических систем;
- освоение методов и практик информационного моделирования космических систем;
- получение навыков по информационному моделированию разработки требований, архитектурного проектирования, верификации и валидации космических систем.

## 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-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 исследовательским проектом на всех этапах его реализации	УК-2.1 Формулирует в рамках обозначенной проблемы цель, задачи, актуальность, значимость (научную, практическую, методическую и иную в зависимости от типа проекта), ожидаемые результаты и возможные сферы их применения
ОПК-5 Способен осваивать и применять современные физико-математические методы и методы искусственного интеллекта для	ОПК-5.1 Владеет современными расчетно-теоретическими методами, методами компьютерного моделирования и средами разработки программного обеспечения, применяемыми при решении задач в своей профессиональной области

решения профессиональных задач, составлять практические рекомендации по использованию полученных результатов	ОПК-5.2 Владеет аналитическими и вычислительными методами решения, способен обосновать эффективность выбранного метода
	ОПК-5.3 Знает принципы составления и правила оформления научно-технической документации
ПК-1 Способен критически анализировать современные проблемы технической физики, ставить задачи и разрабатывать программу исследования, выбирать адекватные способы и методы решения экспериментальных и теоретических задач, интерпретировать, представлять и применять полученные результаты	ПК-1.1 Способен находить, анализировать и обобщать информацию об актуальных результатах исследований в области технической физики
	ПК-1.2 Способен ставить задачи в области профессиональной деятельности, предлагать пути их решения
	ПК-1.3 Способен разрабатывать и применять наиболее подходящие теоретические и экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты
	ПК-1.4 Способен проводить апробацию результатов научно-исследовательской работы посредством публикации научных статей и участия в конференциях

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

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны знать:

- основы системного проектирования космических систем с использованием цифровых технологий системного и инженерного анализа жизненного цикла космических систем;
- понятия и теоретические подходы, используемые в системной инженерии;
- основы технологии параллельного мульти-дисциплинарного проектирования космических систем;
- программные комплексы, обеспечивающие бизнес-процессы концептуального проектирования космических систем.

уметь:

- применять теоретические модели для описания ключевых процессов системной инженерии;
- работать с современной научной литературой;
- обрабатывать и визуализировать результаты системного проектирования космических систем;
- пользоваться основными программными средствами инженерного анализа и детального проектирования космических систем.

владеть:

- теоретическим и понятийным аппаратом, используемым в системной инженерии;
- программными средствами обработки и визуализации больших массивов данных в процессе системного проектирования космических систем.

### 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	Языки программирования и их применение в архитектурном проектировании космических систем	15			30

2	Основы работы с программными платформами концептуального параллельного проектирования космических систем		15		45
Итого часов		15	15		75
Подготовка к экзамену		30 час.			
Общая трудоёмкость		135 час., 3 зач.ед.			

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

##### Семестр: 1 (Осенний)

#### 1. Языки программирования и их применение в архитектурном проектировании космических систем

Основные принципы и понятия теории моделирования систем. Формализация и алгоритмизация процессов функционирования систем. Основы системного инжиниринга космических систем. Управление жизненным циклом космических систем. Архитектура космических систем. Основы технологии управления космическими программами и проектами. Проектирование информационно-коммуникационных систем цифровой поддержки жизненного цикла космических систем. Типовые математические модели системного проектирования космических систем. Мульти-доменное системное моделирование космических систем. Высокоуровневые методы и языки системного проектирования и инженерного анализа при разработке космических систем: SysML, UML 2.x, C++, C#, MATLAB Simulink, MatCAD, SQL, Базы данных. Системы управления базами данных: MS SQL, PostgreSQL, Oracle RDBMS.

##### Семестр: 2 (Весенний)

#### 2. Основы работы с программными платформами концептуального параллельного проектирования космических систем

Основы параллельного инжиниринга. Методология мульти-дисциплинарного моделирования функций космических систем. Центры параллельного проектирования и порядок организации их работы. Разработка требований проекта создания космической системы. Построение функциональной и технической архитектуры космической системы. Системное и прикладное программное обеспечение для параллельного проектирования. Принципы построения метамодели данных проектируемой космической системы. Основы работы с платформами параллельного проектирования и прикладным программным обеспечением для системного проектирования и инженерного анализа космических систем (SysML, UML, MATLAB, T-Flex PLM/CAE). Групповая работа по параллельному проектированию космической системы на основе платформы CDP4. Основы, методы и средства цифрового конструирования и инженерного анализа космических систем: SolidWorks, T-FlexPLM, SimInTech, NASTRAN, ANSYS, Adams MSC, Autodesk 3D MAX. Цифровой макет изделия - DMU. Основы имитационного моделирования при создании цифровых двойников космических систем, комплексов и изделий ракетно-космической техники. Технология параллельного инжиниринга при проектировании космических систем. Верификация результатов математического моделирования космических систем.

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

Учебная аудитория, проектор, доска, мультимедийное оборудование.

#### 6. Перечень рекомендуемой литературы

## Основная литература

1. Левенчук А. И. Системное мышление: Учебник / Анатолий Левенчук. — Бостон-Ульдинген-Киев: Проект «Баловство», Толиман, 2019. — 534 с.
2. Косяков А., Свит У., Сеймур С., Бимер С. Системная инженерия. Принципы и практика / Пер. с англ. под ред. В. К. Батоврина. — М.: ДМК Пресс. — 2014. — 636 с. (Библиотека по системной инженерии Российского института системной инженерии)
3. Халл Э., Джексон К., Джереми Д. Инженерия требований / Пер. с англ. под ред. В. К. Батоврина. — М.: ДМК Пресс. — 2017. — 224 с. Библиотека по системной инженерии Российского института системной инженерии.
4. Разработка систем космических аппаратов / Под ред. П. Фортескью, Г. Суайнерда, Д. Старка; Пер. с англ. — М.: Альпина Паблишер, 2016. — 764 с.
5. Системная разработка космической техники: Учебное пособие в 2-х частях / А. А. Романов: МФТИ. М., 2015. 535с.
6. В.К. Батоврин. Стандарты системной инженерии: серия докладов (зеленых книг) в рамках проекта «Промышленный и технологический форсайт Российской Федерации» / В.К. Батоврин; под ред. М.С. Липецкой, К.А. Ивановой; Фонд «Центр стратегических разработок «Северо-Запад». — СПб., 2012.

## Дополнительная литература

1. ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207-2010 Информационная технология. Системная и программная инженерия. Процессы жизненного цикла программных средств (см. ISO/IEC 12207:2008)
2. ГОСТ Р 57193-2016. Национальный стандарт Российской Федерации. Системная и программная инженерия. Процессы жизненного цикла систем (утв. и введен в действие Приказом Росстандарта от 31.10.2016 N 1538-ст)
3. ГОСТ Р ИСО/МЭК ТО 16326-2002. Программная инженерия. Руководство по применению ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207 при управлении проектом (см. ISO/IEC 16326)
4. ГОСТ Р ИСО 15926-1-2008 Промышленные автоматизированные системы и интеграция. Интеграция данных жизненного цикла для перерабатывающих предприятий, включая нефтяные и газовые производственные предприятия (см. ISO 15926-1:2004)
5. «Cumulative Percentage Life Cycle Cost against Time», Defense Systems Management College, INCOSE, 1993.
6. Curtis Iwata, Samantha Infeld, Jennifer Medlin Bracken etc. «Model-Based Systems Engineering in Concurrent Engineering Centers», AIAA SPACE 2015 Conference and Exposition> September 2, Pasadena, California, USA, 2015
7. Jeff A. Estefan «Survey of Model-Based Systems Engineering (MBSE) Methodologies», Jet Propulsion Laboratory California Institute of Technology Pasadena, California, U.S.A., 2007
8. ECSS-E-TM-10-25A «Engineering design model data exchange (CDF)» --ESA/ESTEC, 2010 Systems Engineering Handbook, version 2a — INCOSE, 2004.

## **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.
4. <https://www.incose.org/> - международный совет по системной инженерии — INCOSE (англ. International Council on Systems Engineering)
5. <http://www.sebokwiki.org> – The Guide to the Systems Engineering Body of Knowledge (SEBoK) – свод знаний по системной инженерии
6. <https://www.dlr.de> – Virtual Satellite. The future of model based systems engineering for space missions», 2018

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

программное обеспечение Microsoft Office (Word, Excel, PowerPoint),

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

Успешное освоение курса «Информационные технологии системного проектирования космических систем» 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;
- решение задач при выполнении домашних заданий.

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

Семестры, формы промежуточной аттестации:

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

**Разработчик:** А.Б. Цветков, 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-1.1 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-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 исследовательским проектом на всех этапах его реализации	УК-2.1 Формулирует в рамках обозначенной проблемы цель, задачи, актуальность, значимость (научную, практическую, методическую и иную в зависимости от типа проекта), ожидаемые результаты и возможные сферы их применения
ОПК-5 Способен осваивать и применять современные физико-математические методы и методы искусственного интеллекта для решения профессиональных задач, составлять практические рекомендации по использованию полученных результатов	ОПК-5.1 Владеет современными расчетно-теоретическими методами, методами компьютерного моделирования и средами разработки программного обеспечения, применяемыми при решении задач в своей профессиональной области
	ОПК-5.2 Владеет аналитическими и вычислительными методами решения, способен обосновать эффективность выбранного метода
	ОПК-5.3 Знает принципы составления и правила оформления научно-технической документации
ПК-1 Способен критически анализировать современные проблемы технической физики, ставить задачи и разрабатывать программу исследования, выбирать адекватные способы и методы решения экспериментальных и теоретических задач, интерпретировать, представлять и применять полученные результаты	ПК-1.1 Способен находить, анализировать и обобщать информацию об актуальных результатах исследований в области технической физики
	ПК-1.2 Способен ставить задачи в области профессиональной деятельности, предлагать пути их решения
	ПК-1.3 Способен разрабатывать и применять наиболее подходящие теоретические и экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты
	ПК-1.4 Способен проводить апробацию результатов научно-исследовательской работы посредством публикации научных статей и участия в конференциях

## 2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Информационные технологии системного проектирования космических систем» обучающийся должен:

### знать:

- основы системного проектирования космических систем с использованием цифровых технологий системного и инженерного анализа жизненного цикла космических систем;
- понятия и теоретические подходы, используемые в системной инженерии;
- основы технологии параллельного мульти-дисциплинарного проектирования космических систем;
- программные комплексы, обеспечивающие бизнес-процессы концептуального проектирования космических систем.

### уметь:

- применять теоретические модели для описания ключевых процессов системной инженерии;
- работать с современной научной литературой;
- обрабатывать и визуализировать результаты системного проектирования космических систем;
- пользоваться основными программными средствами инженерного анализа и детального проектирования космических систем.

**владеть:**

- теоретическим и понятийным аппаратом, используемым в системной инженерии;
- программными средствами обработки и визуализации больших массивов данных в процессе системного проектирования космических систем.

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

Текущий контроль осуществляется в форме самостоятельных работ или устного опроса 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 «Информационные технологии системного проектирования космических систем» проводится в 9 семестре в форме зачёта в устной форме.

Итоговая аттестация проводится в 10 семестре в форме устного экзамена.

Примеры билетов для экзамена:

Экзаменационный билет №1

1. Концептуальное проектирования космических систем методами параллельного инжиниринга. Основы параллельного инжиниринга. Методология мульти-дисциплинарного проектирования космических систем в параллельном режиме. Центры параллельного проектирования и порядок организации их работы. Разработка требований проекта создания космической системы.
2. Системное и прикладное программное обеспечение для параллельного проектирования. Принципы построения метамодели данных проектируемой космической системы. Описание платформы параллельного проектирования CDP4 и порядка работы с ней

Экзаменационный билет № 2

1. Методология мульти-дисциплинарного модели-ориентированного проектирования функций космических систем. Центры параллельного проектирования и порядок организации их работы. Разработка требований проекта создания космической системы.
2. Мульти-доменное системное моделирование космических систем. Высокоуровневые методы и языки системного проектирования и инженерного анализа при разработке космических систем: SysML.

Экзаменационный билет № 3

1. Проектирование информационно-коммуникационных систем цифровой поддержки жизненного цикла космических систем. Типовые математические модели системного проектирования космических систем.
2. Имитационное моделирование при создании цифровых двойников космических систем, комплексов и изделий ракетно-космической техники. Технология параллельного инжиниринга при проектировании космических систем.

### **Критерии оценивания**

Критерии оценивания зачета:

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

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

Критерии оценивания экзамена:

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

Зачет проводится по итогам текущей успеваемости: по результатам контрольных работ, результатам индивидуальных консультаций.

Зачет по дисциплине проводится путем организации специального опроса в устной форме по вопросам.

При проведении устного зачета обучающемуся предоставляется 40 минут на подготовку. Опрос обучающегося по билету на устном зачете не должен превышать одного астрономического часа.

Во время проведения зачета при подготовке ответов на билеты, обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины.

Во время проведения зачета при ответе обучающегося на вопросы по билету он не может пользоваться конспектами лекций и любой другой литературой.

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.