

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

**УТВЕРЖДЕНО**  
**Заведующий кафедрой**

**А.А. Романовская**

	<b>Рабочая программа дисциплины (модуля)</b>
<b>по дисциплине:</b>	ESG инжиниринг
<b>по направлению:</b>	Наукоёмкие технологии и экономика инноваций
<b>профиль подготовки:</b>	Создание и развитие высокотехнологичного бизнеса Физтех-школа бизнеса высоких технологий кафедра климатических технологий
<b>курс:</b>	1
<b>квалификация:</b>	магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 1 (осенний) - Экзамен

Аудиторных часов: 45 всего, в том числе:

лекции: 15 час.

семинары: 30 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 15 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 90, всего зач. ед.: 2

Программу составил: В.В. Кондратьев, д-р техн. наук, старший научный сотрудник,  
преподаватель

Программа обсуждена на заседании кафедры климатических технологий 11.05.2022

## Аннотация

Дисциплина рассматривающая комплекс процессов разработки и эксплуатации технических систем в контексте их жизненного цикла и архитектуры, в комплексировании инженеринговых задач с задачами построения систем деятельности по разработке и применению технических систем, совместимости и эффективности решения целевых задач, применения методов модельно-ориентированного системного инженеринга.

Дисциплина включает в себя практическое освоение навыков моделирования и проектирования сложных систем.

### 1. Цели и задачи

#### Цель дисциплины

- освоение принципов моделирования и системного проектирования, развитие компетенций в области системной разработки, планирования, реализации научно-технических разработок комплексов дистанционного зондирования.

#### Задачи дисциплины

- формирование базовых знаний в области основ модельно-ориентированного системного инженеринга, системной разработки, проектирования, жизненного цикла научно-технической продукции в области дистанционного зондирования, стандартизации, организации, управления профильных систем деятельности в форме профильных обобщенных предприятий и проектов;
- освоение методов и подходов в области проектирования и создания и применения технических систем и комплексов дистанционного зондирования на примере подробного разбора конкретных ситуаций;
- освоение навыков самостоятельной сбора исходных данных, постановки задачи, предварительных оценок, анализа текущего уровня развития технологий моделирования, проектирования и применения комплексов дистанционного зондирования и профильных им систем деятельности;
- освоение навыков выбора и разработки концепций комплексов дистанционного зондирования и необходимых для этого систем деятельности.

### 2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-1 Способен анализировать и выявлять естественнонаучную и экономическую сущность решаемых проблем на основе приобретенных знаний	ОПК-1.1 Знает и способен использовать в профессиональной деятельности фундаментальные научные и экономические знания и современные методы исследований в области наукоемких технологий и экономики инноваций
ПК-2 Способен самостоятельно или в качестве члена (руководителя) малого коллектива организовывать и проводить научные исследования и их апробацию	ПК-2.2 Способен планировать и проводить научные исследования самостоятельно или в качестве члена (руководителя) малого научного коллектива

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

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- структуру циклов биогенных элементов в различных природных экосистемах суши;
- основные понятия и принципы модельно-ориентированного системного инженеринга и системного проектирования;
- основные стадии жизненного цикла научно-технического продукта в области дистанционного зондирования, опорные архитектуры целевых комплексов дистанционного зондирования;
- структуру и архитектуры систем деятельности в области дистанционного зондирования;
- современные отечественные и зарубежные стандарты в области проектирования, контроля качества и управления проектами в аэрокосмической отрасли.

уметь:

- оценивать уровень готовности технологий в области дистанционного зондирования;
- осуществлять декомпозицию системы деятельности и/или проекта, составлять схему деления и прогнозировать жизненный цикл научно-технической продукции;
- формировать архитектуру систему деятельности для целевых комплексов дистанционного зондирования.

владеть:

- методами модельно-ориентированного системного инжиниринга и параметризации комплексов дистанционного зондирования;
- методами планирования и управления деятельностью по разработке и применению комплексов дистанционного зондирования;
- навыками самостоятельного ориентирования в предметной научно-технической и патентной информации.

#### 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	Введение в курс, материалы. методы и инструменты и правила организации обучения на курсе	2	2		2
2	Мировая история инжиниринга Введение в системный инжиниринг Совмещение и интеграция инжиниринга продукта и инжиниринга систем деятельности Развитие системного инжиниринга на современном этапе	2	4		2
3	Модельно-ориентированный подход в анализе и синтезе систем	2	6		2
4	Параметризация и математическое моделирование систем	2	6		2
5	Модельно – ориентированный системный инжиниринг комплексов дистанционного зондирования	2	4		2
6	Концептуальное проектирование комплексов дистанционного зондирования	3	6		3
7	Масштабирование решений системного инжиниринга комплексов дистанционного зондирования	2	2		2
Итого часов		15	30		15
Подготовка к экзамену		30 час.			
Общая трудоёмкость		90 час., 2 зач.ед.			

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

Семестр: 1 (Осенний)

1. Введение в курс, материалы, методы и инструменты и правила организации обучения на курсе

Циклы воды, углерода, азота, фосфора, серы.

Природные и искусственные системы. Теория систем и системный анализ. Приёмы редукции систем – онтологии, иерархия, страты, фракталы, архитектуры. Особенности искусственных систем. Системы систем 2.0. Деятельность по созданию и применению систем. Ценность и стоимость.

2. Мировая история инжиниринга Введение в системный инжиниринг Совмещение и интеграция инжиниринга продукта и инжиниринга систем деятельности Развитие системного инжиниринга на современном этапе

Продукты и услуги. Участники деятельности. Обобщенные предприятия как субъекты инжиниринговой, экономической и управленческой деятельности. Ключевые функциональные методологии искусственных систем - инжиниринг, управление стоимостью, организация участников, кибернетика и управление деятельностью, инструменты и инфраструктура.

3. Модельно-ориентированный подход в анализе и синтезе систем

Опорные фреймворки моделирования онтологий и архитектур систем. Онтологические модели. Модели таксономических иерархий сущностей и их связанностей. Архитектурные модели. Модель архитектуры «система – подсистемы». Расширение представления архитектур систем за счёт учета их характеристики. Архитектурные конфигураторы и визуализаторы систем.

4. Параметризация и математическое моделирование систем

Исторические и ситуационные данные, информация и знания о системах. Применение атрибутов для параметризации моделей систем. Типология связанностей параметризованных систем в формате структурных и математических моделей. Модельно представленные знания. Платформы моделей предметной области. Расширение моделирования методами анализа Больших данных и применения Искусственного интеллекта.

5. Модельно – ориентированный системный инжиниринг комплексов дистанционного зондирования

Жизненный цикл комплексов дистанционного зондирования. Методы и инструменты прикладного системного инжиниринга. Системный инжиниринг технических объектов базирующийся на моделях. Типовые модели модельно - ориентированного системного инжиниринг комплексов дистанционного зондирования. Регулярный метод построения и последовательного расширения архитектурных моделей комплексов дистанционного зондирования.

6. Концептуальное проектирование комплексов дистанционного зондирования

Концептуальное проектирование комплексов дистанционного зондирования. Обликовое и концептуальное проектирование систем. Типовые модели и карты концептуального проектирования – модели требований, продукта, функций, компонент, работ, связанностей. Применение архитектурных моделей в концептуальном проектировании. Концепция эксплуатации системы.

7. Масштабирование решений системного инжиниринга комплексов дистанционного зондирования

Масштабирование решений системного инжиниринга комплексов дистанционного зондирования. Обликовое и концептуальное проектирование расширений продуктов и систем инжиниринговой деятельности. Применение модели требований, функций, компонент, работ, связанностей, архитектурных моделей.

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

Учебная аудитория, оснащенная компьютером и мультимедийным оборудованием (проектор, звуковая система). Принтер и бумага для распечатки материалов к лекциям.

## **6. Перечень рекомендуемой литературы**

### **Основная литература**

1. Теоретико-системные конструкты для концептуального анализа и проектирования [Текст] / С. П. Никаноров .— Препринт .— М. : Концепт, 2006 .— 312 с.
1. Романов А.А. Системная разработка космической техники: учеб. Пособие. В 2-х частях.- М.:МФТИ, 2015.
2. Романов А.А. Прикладной системный инжиниринг.- М.:ФИЗМАТЛИТ, 2015.
3. Кондратьев В.В. Управление архитектурой предприятия (Конструктор регулярного менеджмента). Учебное пособие.-М.: ИНФРА-М, изд. второе доработ. и доп., 2018, электронная версия; в библи. МФТИ изд. первое.
4. Механизмы управления. Управление организацией: Планирование, организация, стимулирование, контроль. Учебное пособие / под. ред. Новикова Д.А.. Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.:ЛЕНАНД, 2013. в свободном доступе на сайте [www.mtas.ru/](http://www.mtas.ru/) ; изд. на англ. яз.: Michail Goubko, Vladimir Burkov, Vyacheslav Kondratyev, Nikolay Korgin and Dmitry Novicov. Published by Nova Science Publishers, Inc. New York, 2013.

### **Дополнительная литература**

1. Основы дистанционного зондирования [Текст] / У. Рис ; пер. с англ. М. Б. Кауфмана, А. А. Кузьмичевой - М.Техносфера,2006
2. Дистанционное зондирование и географические информационные системы [Текст] : [учеб. пособие для вузов] / А. М. Чандра, С. К. Гош ; пер. с англ. А. В. Кирюшина .— М. : Техносфера, 2008 .— 312 с.
1. Новиков Д.А. Кибернетика. - М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2015, электр. Версия в свободном доступе.
2. Белов М.В., Новиков Д.А. Методология комплексной деятельности. – М.: ЛЕНАНД, 2018, электронное изд. В свободном доступе <http://www.mtas.ru/biblio/MKD.pdf/>.
3. Руководство по системной инженерии знаний (SEBoK). [https://www.sebokwiki.org/wiki/Guide\\_to\\_the\\_Systems\\_Engineering\\_Body\\_of\\_Knowledge\\_\(SEBoK\)](https://www.sebokwiki.org/wiki/Guide_to_the_Systems_Engineering_Body_of_Knowledge_(SEBoK)).
4. Прохоров А., Лысачев М., Цифровой двойник. Анализ, тренды, мировой опыт. Издание первое, исправленное и дополненное / под общ. ред. Боровкова А.И. – М.: ООО «АльянсПринт», 2020, электронное изд в свободном доступе.

## **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)**

С применением международной платформы Coursera используется применяемый в международной практике следующий опорный перечень онлайн сервисов дистанционного обучения:

1. Регистрационные сервисы
2. Информационные сервисы

3. Workflow сервисы
4. Информационные ресурсы
  - a) Конспекты
  - b) Презентации
  - c) Дополнительные учебные ресурсы
  - d) Учебные видеолекции
5. Тесты
6. Задания эссе
7. Оценочные сервисы
8. Линия электронной почтовой связи

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

Подробные рекомендации по каждой теме размещены на интернет ресурсах курса, а также на регулярной основе рассылаются слушателям курса.

В соответствии с учебным планом рекомендуется:

- посещение лекций и практикумов;
- самостоятельная работа с литературой, интернет-ресурсами и поддерживающими онлайн курсами;
- участие в учебных zoom митингах;
- своевременное выполнение тестов и практикумов курса.

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

<b>по направлению:</b>	Наукоёмкие технологии и экономика инноваций
<b>профиль подготовки:</b>	Создание и развитие высокотехнологичного бизнеса Физтех-школа бизнеса высоких технологий кафедра климатических технологий
<b>курс:</b>	1
<b>квалификация:</b>	магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 1 (осенний) - Экзамен

**Разработчик:** В.В. Кондратьев, д-р техн. наук, старший научный сотрудник,  
преподаватель

## 1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-1 Способен анализировать и выявлять естественнонаучную и экономическую сущность решаемых проблем на основе приобретенных знаний	ОПК-1.1 Знает и способен использовать в профессиональной деятельности фундаментальные научные и экономические знания и современные методы исследований в области наукоемких технологий и экономики инноваций
ПК-2 Способен самостоятельно или в качестве члена (руководителя) малого коллектива организовывать и проводить научные исследования и их апробацию	ПК-2.2 Способен планировать и проводить научные исследования самостоятельно или в качестве члена (руководителя) малого научного коллектива

## 2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «ESG инжиниринг» обучающийся должен:

### знать:

- структуру циклов биогенных элементов в различных природных экосистемах суши;
- основные понятия и принципы модельно-ориентированного системного инжиниринга и системного проектирования;
- основные стадии жизненного цикла научно-технического продукта в области дистанционного зондирования, опорные архитектуры целевых комплексов дистанционного зондирования;
- структуру и архитектуры систем деятельности в области дистанционного зондирования;
- современные отечественные и зарубежные стандарты в области проектирования, контроля качества и управления проектами в аэрокосмической отрасли.

### уметь:

- оценивать уровень готовности технологий в области дистанционного зондирования;
- осуществлять декомпозицию системы деятельности и/или проекта, составлять схему деления и прогнозировать жизненный цикл научно-технической продукции;
- формировать архитектуру систему деятельности для целевых комплексов дистанционного зондирования.

### владеть:

- методами модельно-ориентированного системного инжиниринга и параметризации комплексов дистанционного зондирования;
- методами планирования и управления деятельностью по разработке и применению комплексов дистанционного зондирования;
- навыками самостоятельного ориентирования в предметной научно-технической и патентной информации.

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

Автоматизированные тесты тренировочные и проверочные: от 5-ти на каждую тему. Предъявляются слушателям последовательно по мере прохождения тем курса. Выполнение служит основой получения дополнительных учебных сертификатов MIT-Coursera по темам курса.

### 1. Введение в системное проектирование. Основы теории киберсистемы и управления.

- Назвать и кратко определить (в 5-7 слов) 5-7 специальных терминов существенных для понимания выбранной предметной области и целевой системы.

### 2. Жизненный цикл системы и управление жизненным циклом.

- Представить фазы ЖЦ рассматриваемой в курсовой работе технической системы SoI 1. Проиллюстрировать.
- Декомпонировать по функциям на один уровень вниз фазы ЖЦ, проиллюстрировать.
- Сфокусироваться на фазе системного проектирования. Построить, применительно ко второму уровню декомпозиции по функциям, диаграмму логических связей функций системного проектирования (нотация CF).



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

Итоговая аттестация по дисциплине "Системный инжиниринг" проводится в форме экзамена. Экзамен проводится в форме защиты курсового проекта в осеннем семестре, курсовой проект в весеннем семестре является допуском к экзамену по дисциплине.

Темы курсовой работы:

Модуль 1. Применение методов и инструментов модельно-ориентированного системного инжиниринга в разработке комплексов дистанционного зондирования.

Модуль 2. Концептуальное проектирование комплексов дистанционного зондирования.

Весенний семестр

Модуль 3. Бизнес-процессы, организационный дизайн, системы и механизмы управления инжинирингового центра и проектов дистанционного зондирования.

Модуль 4. Разработка сложных систем из систем инжиниринга, организации и управления деятельностью и проектами дистанционного зондирования.

Примерный перечень билетов для подготовки к итоговой аттестации в весеннем семестре (экзамена в устной форме):

Экзаменационный билет № 1

Понятие жизненного цикла научно-технической продукции. Концептуальное проектирование, системные требования, оптимизация, разработка документации, изготовление, эксплуатация, поддержка, модернизация, утилизация. Специфика жизненного цикла программных и аппаратно-программных продуктов.

Экзаменационный билет №2

Специфика отраслевых и национальных стандартов и жизненных циклов в аэрокосмической отрасли. Примеры циклов реализации проектов ДЗЗ в космической отрасли и беспилотной авиации. Жизненный цикл продуктов специального назначения.

Экзаменационный билет №3

Оценка непротиворечивости требований и исходных данных. Критерии оптимизации. Процедуры принятия компромиссных решений. Матрица трассируемости требований. Примеры планирования и реализации межпланетных миссий. Критерии оценки успешности миссии.

Экзаменационный билет №4

Этапы проектирования. Выбор концепции системы, кооперации, формирование проектных команд. Декомпозиция системы. Схема деления. Функциональный анализ системы. Дерево функций, матрица соединений, функциональная блок-диаграмма.

Экзаменационный билет №5

Принятие решений при системном проектировании. Параллельное проектирование и анализ компромиссов. Оптимизация и согласование компромиссов при проектировании приборов дистанционного зондирования. Программные среды параллельного проектирования.

Экзаменационный билет №6

Валидация при проектировании программно-аппаратных комплексов дистанционного зондирования. Численное моделирование, натурное и полунатурное моделирование, макетирование. Калибровка аналитической аппаратуры. Валидация при проектировании систем с элементами искусственного интеллекта.

Экзаменационный билет №7

Понятие надежности в сложных системах. Элементы теории катастроф. Методы оценки надежности и ресурса при проектировании. Элементы управления рисками: экспертиза процессов проектирования и создания системы, анализ и контроль критических элементов, прототипирование, испытания. Методы локализации и коррекции нештатных ситуаций в аэрокосмической технике.

Экзаменационный билет № 8

Национальная система стандартизации РФ. Стандарты, применяемые при проектировании аэрокосмической и специальной техники. Фазы НИОКР. Особенности оформления технической и отчетной документации в проектах, финансируемых в рамках Гособоронзаказа, федеральных целевых программ, программ госкорпораций и институтов развития РФ. Стандарты РФ в сфере беспилотной авиации.

#### Критерии оценивания

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

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

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

оценка «хорошо (7)» выставляется студенту, если он твердо знает материал экзаменационного билета, грамотно и по существу излагает его, демонстрирует умение применять полученные знания при выполнении домашних заданий, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности;

оценка «хорошо (6)» выставляется студенту, если он знает материал экзаменационного билета, по существу излагает его, демонстрирует умение применять полученные знания при выполнении домашних заданий, но допускает в ответе или в решении задач много неточностей;

оценка «хорошо (5)» выставляется студенту, если он знает материал экзаменационного билета, излагает его, демонстрирует умение применять полученные знания на практике при выполнении домашних заданий, не допускает в ответе грубых ошибок;

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

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

оценка «неудовлетворительно (2-1)» выставляется студенту, если во время ответа экзаменационного билета, он показал, что не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных понятий дисциплины и не умеет использовать полученные знания при решении типовых практических задач.

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

Экзамен по дисциплине проводится в виде защиты курсового проекта.

При проведении экзамена обучающемуся предоставляется 20 минут на подготовку. Опрос обучающегося не должен превышать одного астрономического часа.

Во время проведения экзамена при подготовке ответов, обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины, 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.