

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

УТВЕРЖДЕНО
Проректор по учебной работе

А.А. Воронов

	Рабочая программа дисциплины (модуля)
по дисциплине:	Системный инжиниринг - введение
по направлению:	Наукоёмкие технологии и экономика инноваций
профиль подготовки:	Прикладной системный инжиниринг центр "Высшая школа системного инжиниринга МФТИ" кафедра системного инжиниринга
курс:	1
квалификация:	магистр

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

Аудиторных часов: 87 всего, в том числе:

лекции: 36 час.

семинары: 51 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 63 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 180, всего зач. ед.: 5

Программу составил: А.А. Бородкин, канд. техн. наук, преподаватель

Программа обсуждена на заседании кафедры системного инжиниринга 05.04.2024

Аннотация

Дисциплина состоит из методической части, не связанной с бизнес-процессами, и процессной, ориентированной на отечественную среду проектирования. Данная дисциплина знакомит обучающихся с понятием системы, её свойствами, системным и функциональным мышлением, элементами теории в системном инжиниринге, а также включает в себя краткое ознакомление с моделированием стохастических систем. При прохождении дисциплины используются технологии контекстного образования: интерактивные лекции и интерактивные формы обучения (командная аудиторная работа, работа в мини-группах, коллективный разбор мини-кейсов).

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

- формирование у обучающихся понимания основных понятий системного инжиниринга и роли системного инжиниринга в создании сложных технических и социотехнических систем.

Задачи дисциплины

- Дать теоретические знания по основным понятиям системного инжиниринга и его роли в создании сложных технических систем.
- Развить прикладные знания в системном инжиниринге и его практических аспектах.

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 Умеет применять системный подход в процессе исследования проблемных ситуаций, возникающих в процессе профессиональной деятельности
	УК-1.3 Владеет методологией системного анализа, алгоритмами разработки стратегических решений в конкретных ситуациях
ПК-1 Способен разрабатывать и реализовывать инновационные технологические проекты, нацеленные на создание и освоение новой наукоемкой продукции	ПК-1.1 Знает основные фазы жизненного цикла разработки и создания, а также стадии процесса проектирования сложного инновационного наукоемкого продукта
	ПК-1.2 Умеет планировать производство и реализацию продукта на всех стадиях его жизненного цикла; осуществлять маркетинговое продвижение - инновационных продуктов
	ПК-1.3 Умеет управлять требованиями к новым продуктам
	ПК-1.4 Владеет методами планирования и разработки технологических проектов, нацеленными на реализацию и выведение на рынок новых наукоемких продуктов
ПК-2 Способен разрабатывать новые технологические регламенты и внедрять их с учётом требований качества и оптимизации	ПК-2.1 Владеет методиками разработки новых технологических регламентов с учётом требований качества и оптимизации
	ПК-2.2 Умеет самостоятельно определять особенности и качество разрабатываемого проекта
	ПК-2.3 Использует нормативную документацию для стандартизации принятых решений и унификации разработанных изделий
	ПК-2.4 Способен самостоятельно совершенствовать разрабатываемый проект и (или) изделие

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- принципы, сущность, возможности системного инжиниринга;
- место системного инжиниринга в инженерных дисциплинах и роль системного инженера в проектах;
- типовой жизненный цикл создания сложной технической и/или социотехнической системы;
- основные методы системного инжиниринга при решении простых задач.

уметь:

- решать простые задачи.

владеть:

- навыками применения методов системного инжиниринга при поиске технических решений;
- навыками формирования технических 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	Введение в системный инжиниринг	12	12		18
2	Области управления проектом (среда проектирования)	8	14		20
3	Практические аспекты системного инжиниринга	16	25		25
Итого часов		36	51		63
Подготовка к экзамену		30 час.			
Общая трудоёмкость		180 час., 5 зач.ед.			

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

Семестр: 1 (Осенний)

1. Введение в системный инжиниринг

1.1. Основные понятия и определения. Предмет и метод системного инжиниринга (СИ). Истоки СИ. Примеры задач, решенных с помощью СИ.

1.2. Ментальные особенности процессов СИ. Точки зрения на СИ в литературе.

1.3. Система и ее свойства. Логические приемы умственных действий - анализ и синтез. Научное познание.

1.4. Что такое СИ. СИ как элемент инженерной культуры. Методики применения СИ.

2. Области управления проектом (среда проектирования)

2.1. Среда проектирования. Нормативная база. СРПП. Понятие НИР, ОКР, ТЗ, Аванпроект, ЕСКД. Отечественные стандарты по управлению проектами.

2.2. Элементы среды проектирования. Процессы проектирования. Управление требованиями. Прогнозирование ресурсов. Управление знаниями. Управление конфигурацией. Управление интерфейсам.

2.3. Параллельный инжиниринг. Технологическое сопровождение проекта. Управление рисками. Управление качеством.

2.4. Понятие и оценка зрелости процессов. Управление поставщиками. Информационная среда проекта.

3. Практические аспекты системного инжиниринга

3.1. Логическое мышление. Системное мышление. Виды систем.

3.2. Стохастические системы. Моделирование стохастических систем. Метод Монте-Карло. Методы случайного поиска. Имитационное моделирование. Размерно-геометрические связи.

3.3. Примеры применения матрицы N2 для оценки значимости функций. Примеры поиска технических решений на основе элементов диалектической логики "Тезис-антитезис-синтез". Управление рисками. Методика FMEA. Многопараметрическая оптимизация (TRADE STUDY).

3.4. Модель BASED SYSTEMS ENGINEERING MBSE.

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

- Персональный компьютер преподавателя (ноутбук) с установленным Microsoft Office.
- Проектор, экран (или плазменная панель большого формата).
- Флипчарт, блокноты к флипчарту, комплекты цветных маркеров для флипчарта.
- Обеспечение самостоятельной работы: компьютер с установленным Microsoft Office и доступом в интернет.

6. Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Исследование операций [Текст] : Задачи, принципы, методология : учеб. пособие для вузов / Е. С. Вентцель. — 3-е изд., стереотип. — М. : Дрофа, 2004. — 208 с.
2. Модельно-ориентированный системный инжиниринг 2.0 / В. В. Кондратьев. – Москва: МФТИ, 2021. – Электронная копия доступна онлайн
3. Введение в теорию исследования операций [Текст]/Ю. Б. Гермейер, -М., Наука, 1971

Рекомендуемая литература для самостоятельного изучения

1. Анализ видов и последствий потенциальных отказов. FMEA. Ссылочное руководство
Перевод с английского четвертого издания от июня 2008 г.- Н.Новгород: ООО СМЦ
""Приоритет"" , 2012. - 282 с. (двуязычное)
2. Карпунин М.Г., Кузьмин А.М., Шалденков С.В. Функционально-стоимостной анализ в инженерной деятельности. Учебное пособие, М. Информэлектро, 1990
3. McDermott, Robin E.; Mikulak, Raymond J.; Beauregard Michael R. The Basics of FMEA. — Productivity Press, 1996.

Дополнительная литература

1. Выход из кризиса, Новая парадигма управления людьми, системами и процессами / Э. Деминг. — Москва, Альпина паблишер, 2016.— URL: <https://e.lanbook.com/book/95630> (дата обращения: 10.02.2021). - Полный текст (Режим доступа : из сети МФТИ / Удаленный доступ)

2. Искусство системного мышления, Необходимые знания о системах и творческом подходе к решению проблем / Дж. О'Коннор, И. Макдермотт . — Москва, Альпина Паблишер, 2016.— URL: <https://e.lanbook.com/book/95545> (дата обращения: 30.12.2020). - Полный текст (Режим доступа : из сети МФТИ / Удаленный доступ)

3. Функциональный анализ [Текст] : учебник для вузов / В. А. Треногин .— 4-е изд., испр. — М. : Физматлит, 2007 .— 488 с.

Рекомендуемая литература для самостоятельного изучения

1. Анализ видов и последствий потенциальных отказов. FMEA. Ссылочное руководство Перевод с английского четвертого издания от июня 2008 г.- Н.Новгород: ООО СМЦ Приоритет", 2012. - 282 с. (двуязычное).

2. Справочник по системному инжинирингу, версия 3.2.2. Сан-Диего. Калифорния. США. Международный совет по системному инжинирингу INCOSE-E3-2003-002-03.02, 2012 год.

3. Японские методы управления качеством. К.Исикава, сокр. пер. с англ. - М., Экономика, 1988

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

1. BKCASE Guide to Systems Engineering Body of Knowledge (SEBoK v.0.5, 2011)
https://sebokwiki.org/w/images/sebokwiki-farm!w/5/50/Guide_to_the_Systems_Engineering_Body_of_Knowledge_Part_1.pdf
2. NASA Systems Engineering Handbook, 2007
https://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/nasa_systems_engineering_handbook_0.pdf
3. MITRE Systems Engineering Guide, 2011
<https://www.mitre.org/sites/default/files/publications/se-guide-book-interactive.pdf>
4. SEVOCAB: Software and Systems Engineering Vocabulary.
https://pascal.computer.org/sev_display/index.action
5. Электронная библиотека МФТИ: <http://books.mipt.ru/>
6. Электронно-библиотечная система "Лань": <https://e.lanbook.com/>
7. ЭБС «Юрайт»: <https://urait.ru/>
8. Научная Электронная Библиотека eLibrary: <https://www.elibrary.ru/>
9. Журналы издательства Кембриджского университета: <https://www.cambridge.org/core>

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

На практических занятиях используются различные технологии: мультимедийные презентации, работа с персональными компьютерами, использование различных ресурсов сети Интернет.

Информационные технологии:

- проверка выполнения заданий и консультирование на платформе LMS - СДО Высшей школы системного инжиниринга МФТИ;
- проведение лекций и практических занятий с использованием мультимедийных технологий.

Программное обеспечение

- платформа LMS - СДО Высшей школы системного инжиниринга МФТИ:
<http://lms.se.mipt.ru/login/index.php>;
- программы Zoom/Skype для проведения занятий;
- программы, обеспечивающие доступ в сеть Интернет (Google Chrome, Rambler, Yandex);
- программы, обеспечивающие демонстрации видео материалов (проигрыватель «Windows Media Player»);
- программы для работы на компьютере («Microsoft Office»).

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

В программе дисциплины приведено примерное распределение времени, необходимого для работы обучающегося над темами дисциплины.

Для успешного освоения данной дисциплины обучающемуся необходимо:

- посещать лекции;
- посещать практические занятия, конспектировать материал;
- выполнять задания, задаваемые преподавателем;
- самостоятельно прорабатывать все материалы, публикуемые в СДО по данной дисциплине;
- принимать активное участие в обучающих играх и решать кейсы по дисциплине, которые вносят вклад в изучение дисциплины, а также в итоговую оценку по данной дисциплине.

Возможен промежуточный контроль знаний обучающихся в виде оценивания участия каждой команды в обучающих играх.

При затруднениях с пониманием материала следует обращаться за консультациями к преподавателю.

Успешное освоение дисциплины требует напряжённой самостоятельной работы обучающегося.

Руководство и контроль за самостоятельной работой обучающегося осуществляется посредством оценивания решения кейсов в группах и в СДО.

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению:	Научноёмкие технологии и экономика инноваций
профиль подготовки:	Прикладной системный инжиниринг Центр "Высшая школа системного инжиниринга МФТИ" кафедра системного инжиниринга
курс:	<u>1</u>
квалификация:	магистр
Семестр, формы промежуточной аттестации: 1 (осенний) - Экзамен	
Разработчик:	А.А. Бородкин, канд. техн. наук, преподаватель

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 Умеет применять системный подход в процессе исследования проблемных ситуаций, возникающих в процессе профессиональной деятельности
	УК-1.3 Владеет методологией системного анализа, алгоритмами разработки стратегических решений в конкретных ситуациях
ПК-1 Способен разрабатывать и реализовывать инновационные технологические проекты, нацеленные на создание и освоение новой наукоемкой продукции	ПК-1.1 Знает основные фазы жизненного цикла разработки и создания, а также стадии процесса проектирования сложного инновационного наукоемкого продукта
	ПК-1.2 Умеет планировать производство и реализацию продукта на всех стадиях его жизненного цикла; осуществлять маркетинговое продвижение - инновационных продуктов
	ПК-1.3 Умеет управлять требованиями к новым продуктам
	ПК-1.4 Владеет методами планирования и разработки технологических проектов, нацеленными на реализацию и выведение на рынок новых наукоемких продуктов
ПК-2 Способен разрабатывать новые технологические регламенты и внедрять их с учётом требований качества и оптимизации	ПК-2.1 Владеет методиками разработки новых технологических регламентов с учётом требований качества и оптимизации
	ПК-2.2 Умеет самостоятельно определять особенности и качество разрабатываемого проекта
	ПК-2.3 Использует нормативную документацию для стандартизации принятых решений унификации разработанных изделий
	ПК-2.4 Способен самостоятельно совершенствовать разрабатываемый проект и (или) изделие

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Системный инжиниринг - введение» обучающийся должен:

знать:

- принципы, сущность, возможности системного инжиниринга;
- место системного инжиниринга в инженерных дисциплинах и роль системного инженера в проектах;
- типовой жизненный цикл создания сложной технической и/или социотехнической системы;
- основные методы системного инжиниринга при решении простых задач.

уметь:

- решать простые задачи.

владеть:

- навыками применения методов системного инжиниринга при поиске технических решений;
- навыками формирования технических систем.

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

Текущий контроль состоит в закреплении пройденного материала в виде устного опроса обучающихся.

Примеры вопросов для устного опроса:

1. Можно ли системный инжиниринг назвать пародией на науку и почему?

2. Какие элементы системного инжиниринга можно отнести к теории, а какие – к эвристике?
3. Назовите основные элементы научного познания. Может ли быть теория без постулатов и почему? Может ли быть теория без гипотез и почему?
4. Приведите примеры любой теории, указав определения, понятия, постулаты (законы), гипотезы?
5. Что такое априорно значимые факторы в любой исследовательской задаче? Откуда они следуют?
6. Существует ли что-либо в природе, что невозможно представить в виде системы?
7. Какие элементы системного инжиниринга можно было бы отнести к бизнес культуре?
8. Системный инжиниринг состоит из методической, служащей для поиска и оценки решений, и процессной составляющих. Не является ли это противоречием?
9. В чем преимущество функционального мышления? Приведите свои примеры, когда функциональный подход действительно расширяет область поиска решений.
10. Приведите примеры закрытых систем, в которых энтропия увеличивается (в природе, технике, обществе).
11. Приведите примеры открытых систем, в которых энтропия уменьшается (в природе, технике, обществе).
12. Приведите примеры детерминированных и стохастических систем? Почему последние занимают все более значимую роль в современном машиностроении?
13. Верно ли утверждение, что все системы в принципе стохастические?
14. Как моделируются стохастические системы?
15. Формируя облик решения в системе «требования – функции- элементы решения» энтропию чего следует уменьшить?
16. Как вы понимаете энтропию некой базы знаний?
17. Как учитывается закон Эшби при проверке статистических гипотез, например, при оценке значимости коэффициентов уравнения регрессии?
18. Зачем нужен закон Эшби при реализации системы «требования – функции- элементы решения»?
19. Элементы научного познания при натурном и имитационном экспериментах. Какие постулаты используются? Какие гипотезы положены в основу любого эксперимента? Приведите примеры.
20. Откуда следует предлагаемый процесс поиска и оценки решений в нем можно изменить?
21. Идея применения диалектического противоречия «тезис – антитезис – синтез» при поиске решений принадлежит Р. Бартини. Приведите несколько противоречий, служащих источниками развития бизнес-процессов создания техники.
22. Как соотносятся между собой диалектическое противоречие «тезис – антитезис – синтез» и третий закон формальной логики – исключение третьего: «или одно или другое, а третьего не дано»? Нет ли в этом нарушения других законов формальной логики?
23. Почему многопараметрическая оптимизация включается в понятие TRADE STUDY?
24. В чем суть метода Гермейера?
25. В чем суть методики FMEA?
26. Что означает понятие: логическая сумма событий?
27. Практическая задача. Представьте приборный отсек некоего беспилотного летательного аппарата малых или средних габаритов (например, до 1 м диаметром), представляющего собой корпус, в котором, на своих посадочных местах, размещен ряд приборов и электрожгуты. Обычно, монтажные работы в таком отсеке требует значительного времени. Пользуясь подходами системного инжиниринга, предложите кардинальные изменения этой конструкции, направленные на повышении ее технологичности.

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

Промежуточная аттестация (экзамен) проводится в форме устного доклада на тему: «Отработка методологии системного инжиниринга при поиске технических решений».

Пример задания итоговой работы:

1. Выбрать систему для отработки методологии;

2. Определить исходные функциональные требования, функции своей системы;
3. Оценить значимость функций (при необходимости);
4. Определить множество элементов решений, удовлетворяющих требованиям;
5. Оценить значения функциональных параметров, заданных требованиями, которые обеспечиваются различными альтернативами;
6. Оценить риски, связанные с реализацией каждой альтернативы;
7. Оценить методом Гермейера оптимальность каждой альтернативы.

Критерии оценивания

Оценка «отлично» (10,9,8) выставляется обучающемуся, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений;

Оценка «хорошо» (7,6,5) выставляется обучающемуся, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности;

Оценка «удовлетворительно» (4,3) выставляется обучающемуся, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения 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 обучающемуся, который 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

Оценка качества освоения дисциплины проводится по десятибалльной системе по результатам текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации (экзамен). Текущий контроль успеваемости предполагает систему коллективных и индивидуальных аналитических, творческих и проектных заданий для самостоятельной работы и контроль посещаемости практических занятий. Промежуточная аттестация (экзамен) проводится в виде устного доклада (время подготовки – 10 часов, время доклада – 7 минут, опрос обучающихся по дополнительным вопросам не должен превышать 10 минут).

Во время выполнения итогового задания разрешается пользоваться вспомогательной литературой по дисциплине.

Составляющие процесса обучения, которые оцениваются в ходе обучения, и их вклад в итоговую оценку:

Задания текущего контроля- 30%

Промежуточная аттестация- 70%