

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

**УТВЕРЖДЕНО**  
**Проректор по учебной работе**

**А.А. Воронов**

	<b>Рабочая программа дисциплины (модуля)</b>
<b>по дисциплине:</b>	Введение в системное мышление
<b>по направлению:</b>	Фотоника и оптоинформатика
<b>профиль подготовки:</b>	Фотоника, квантовые технологии и двумерные материалы Физтех-школа физики и исследований им. Ландау кафедра технологического предпринимательства
<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: 60 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 135, всего зач. ед.: 3

Количество контрольных работ, заданий: 2

Программу составили:

А.И. Левенчук

М.А. Бухарин, канд. физ.-мат. наук

И.А. Бурдин

Программа обсуждена на заседании кафедры технологического предпринимательства 08.04.2022

## Аннотация

Курс посвящён системному мышлению, лежащему в основе деятельности системных инженеров, менеджеров и технологических предпринимателей. Из многочисленных вариантов системного подхода для курса был выбран тот, который интенсивно развивается сегодня в массовой деятельности системных инженеров и инженеров предприятия и документируется в международных стандартах и публичных документах. Курс представляет интерес и для технологических предпринимателей, которым необходимо организовать взаимодействие инженеров и менеджеров на основе какого-то общего понимания проекта – и системное мышление позволяет команде договариваться о проекте на общем для всех системном языке. Курс содержит большое количество задач, позволяющих добиться начальной беглости в использовании понятий системного подхода.

## 1. Цели и задачи

### Цель дисциплины

Освоение системного мышления, лежащего в основе системных инженерии, менеджмента и техпредпринимательства.

Курс посвящён системному мышлению, лежащему в основе деятельности системных инженеров, менеджеров и технологических предпринимателей. Введение в системное мышление является на сегодня лучшим из известных человечеству способов борьбы со сложностью, лучшим способом для организации коллективной междисциплинарной работы. Из многочисленных вариантов системного подхода для курса был выбран тот, который интенсивно развивается сегодня в массовой деятельности системных инженеров и инженеров предприятия и документируется в международных стандартах и публичных документах. Основанное на этих стандартах и документах изложение получается более структурное, чем это принято для менеджеров, но более ориентированно на использование в системах, включающих в себя людей, чем это принято для инженеров. Курс представляет собой интерес и для технологических предпринимателей, которым необходимо организовать взаимодействие инженеров и менеджеров на основе какого-то общего понимания проекта – и системное мышление позволяет команде договариваться о проекте на общем для всех системном языке. Курс содержит большое количество задач, позволяющих добиться начальной беглости в использовании понятий системного подхода.

### Задачи дисциплины

- научить студентов (как будущих технологических предпринимателей) связывать различные аспекты проекта: потребности заказчиков, инженерное воплощение и операционный менеджмент; не потеряв при этом При переходе между этими описаниями целостности проекта;
- научить находить всех лиц, заинтересованных в проекте и определять их заинтересованности до прямого разговора с ними;
- научить формулировать конкретные требования к проекту из абстрактных интересов стейкхолдеров;
- научить быть в состоянии представлять один и тот же проект специалистам в различных областях и с различными интересами.

## 2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-4 Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия	УК-4.1 Способен вести обмен деловой информацией в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и не менее чем на одном иностранном языке
	УК-4.2 Владеет навыками, необходимыми для написания, письменного перевода и редактирования различных академических текстов (рефератов, эссе, обзоров, статей и т.д.)
	ОПК-1.1 Знает и способен использовать в профессиональной деятельности фундаментальные научные знания в области физико-математических наук

ОПК-1 Владеет системой фундаментальных научных знаний в области физико-математических наук	ОПК-1.2 Способен обобщать и критически оценивать опыт и результаты научных исследований в области фотоники и оптоинформатики
	ОПК-1.3 Понимает междисциплинарные связи в области математики и физики и способен их применять при решении задач в области фотоники и оптоинформатики

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

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- что такое архитектура и как отличить важные решения от менее важных;
- как объединять объединить деятельности технопредпринимателя, инженера, менеджера;
- международные стандарты в области системной инженерии.

уметь:

- уметь выделять свою систему среди интересов других сторон;
- бороться со сложностью в самых разных проектах;
- уметь делать архитектурное описание системы, выделять важные аспекты;
- пользоваться схемой проекта (возможности, стейкхолдеры, определение и воплощение системы, работы, технологии, команда) для уменьшения проектных рисков.

владеть:

- понятиями системной инженерии такими как стейкхолдеры, требования, архитектура, холархия, системы, жизненный цикл;
- методами и инструментами выявления требований, формулирования требований в виде технических заданий.

### 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	Как научиться системному мышлению	2	4		8
2	Воплощение системы, стейкхолдеры и интересы	2	4		8
3	Системная холархия	1	4		8
4	Целевая и использующая системы	2	4		8
5	Определение системы	2	4		8
6	Понятие жизненного цикла	2	4		8
7	Вид жизненного цикла	2	4		6
8	Системная схема проекта и многомерный жизненный цикл	2	2		6
Итого часов		15	30		60
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. Как научиться системному мышлению

- Место системного мышления среди других мышлений
- Наш вариант системного подхода – из системной инженерии
- Отношение к терминологии: множественность терминов.

## 2. Воплощение системы, стейкхолдеры и интересы

- Понятие воплощения системы в 4D экстенционализме
- Театральная метафора: стейкхолдеры
- Стейкхолдерские интересы

## 3. Системная холархия

- Понятие холона и холархии
- Разнообразие видов целевых систем
- Потребности, требования, ограничения (архитектура)
- Системы систем. Сложность.

## 4. Целевая и использующая системы

- Признаки целевой системы
- Признаки использующей системы
- Типовые ошибки

## 5. Определение системы

- Определяемые базовые структуры: компоненты, модули и размещения
- Понятие требований
- Понятие архитектуры

## 6. Понятие жизненного цикла

- понятие жизненного цикла системы и проекта 1.0
- Жизненный цикл 2.0: это про обеспечивающую систему
- Понятие о практиках и методологиях

## 7. Вид жизненного цикла

- V-diagram
- Agile-циклы
- Отличие инженерного и менеджерского представления о ЖЦ

## 8. Системная схема проекта и многомерный жизненный цикл

- Системная схема проекта
- Синхронизация изменений воплощения системы, определения системы, возможностей, стейкхолдеров, команды, работы, технологий.

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

Аудиторное помещение, оснащенное стульями, столами.

Перечень основного оборудования: проектор, проекционный экран, компьютер (ноутбук), учебная доска.

Перечень используемого программного обеспечения: СДО, Google Docs, Zoom, ВКонтакте.

## 6. Перечень рекомендуемой литературы

### Основная литература

Рекомендованная литература для самостоятельного изучения

Батоврин В.К. Системная и программная инженерия. Словарь-справочник. ДМК-Пресс, 2010

Лоусон Гарольд. Путешествие по системному ландшафту.

Мацяшек Л. А. , Лионг Б. Л. Практическая программная инженерия на основе учебного примера. М. : БИНОМ. Лаб. знаний, 2009

### Дополнительная литература

## 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)

1. Русскоязычное отделение INCOSE: <http://incose-ru.livejournal.com/>

2. Онлайн курс «Системное мышление»: <http://www.systemsthinkingcourse.ru/>

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

1. Рекомендуется выполнять домашние задания, так как это упрощает итоговую аттестацию по предмету.

2. Для подготовки к итоговой аттестации по предмету лучше всего пользоваться материалами учебника.

1. Промежуточные короткие тесты, оценивающие понимание текущего материала аудиторных занятий.

Тесты проводятся в аудитории и представляют собой просьбы отобразить «без подглядывания в конспекты справочники» основные схемы (диаграммы) для обсуждаемого аудиторного материала: диаграмма альфа инженерного проекта, V-диаграмма жизненного цикла, диаграмма определения системы и т.д. Время проведения подобного теста – не более 15 минут.

2. Домашние задания по курсу сводятся к решению порядка 200 задач на базе онлайн-платформы <http://www.systemsthinkingcourse.ru/>.

3. Итоговое задание: эссе «Оценка состояния инженерного проекта»

Итоговое эссе готовится на материале проектов студентов, которые они выполняют на своих базовых кафедрах. Сдача эссе подразумевает несколько итераций, итоговая оценка зависит от степени, в какой слушатель использовал в эссе материалы курса. Особое внимание нужно обращать, чтобы эссе было не про «бизнес-проект» и не про проект из «управления проектом», а про инженерный проект (т.е. оценка не менеджерская, не бизнес-оценка, а инженерная оценка), т.е. в том числе проверяется, насколько слушатель усвоил разницу между менеджерской дисциплиной «управление проектом» и инженерной дисциплиной «управление жизненным циклом». Проверяется применение студентом системноинженерного мышления, использование различных стилей описания системы. В эссе обязательным разделом также являются инженерные рекомендации по итогам оценки, текст эссе предоставляется также команде проекта базового предприятия.

Замечание: литературы по предмету курса на русском языке практически нет, поэтому рекомендуется использовать англоязычные источники.

### Рекомендованная литература:

1. Анатолий Левенчук. «Системное мышление. Учебник», Издательские решения (2018).

2. Анатолий Левенчук. «Визуальное мышление. Доклад о том, почему им нельзя обольщаться», Издательские решения (2018).
3. Онлайн курс «Системное мышление» (Курсера, eНано, МФТИ), <http://www.systemsthinkingcourse.ru/>
2. Стандарт OMG "Essence – language and kernel for software engineering". <http://www.omg.org/spec/Essence/> (текущая версия 1.2 Beta1, июль 2018г.).
3. A.Levenchuk, Towards Systems Engineering Essence, <https://arxiv.org/abs/1502.00121>
3. Стандарт ISO/IEC/IEEE 42010:2011 Systems and software engineering -- Architecture description.
4. Atul Gawande. "The Checklist Manifesto: How to Get Things Right" (2011г.)
5. Partridge, Chris. Business Objects: Re-Engineering for Re-Use, BORO Centre, 2005

Дополнительная литература:

1. Материалы заседаний Русского отделения INCOSE (<http://incose-ru.livejournal.com/> ).
2. В.К.Батоврин, Системная и программная инженерия. Словарь-справочник. ДМК-Пресс, 2010.
3. Гарольд Лоусон, «Путешествие по системному ландшафту».
4. MITRE Systems Engineering Guide, 2012 -- [http://www.mitre.org/work/systems\\_engineering/guide/index.html](http://www.mitre.org/work/systems_engineering/guide/index.html)
5. SEVOCAB: Software and Systems Engineering Vocabulary -- [http://pascal.computer.org/sev\\_display/index.action](http://pascal.computer.org/sev_display/index.action)
6. Стандарт ISO 15288.

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

<b>по направлению:</b>	Фотоника и оптоинформатика
<b>профиль подготовки:</b>	Фотоника, квантовые технологии и двумерные материалы Физтех-школа физики и исследований им. Ландау кафедра технологического предпринимательства
<b>курс:</b>	<u>1</u>
<b>квалификация:</b>	магистр

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

**Разработчики:**

А.И. Левенчук

М.А. Бухарин, канд. физ.-мат. наук

И.А. Бурдин

## 1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-4 Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия	УК-4.1 Способен вести обмен деловой информацией в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и не менее чем на одном иностранном языке
	УК-4.2 Владеет навыками, необходимыми для написания, письменного перевода и редактирования различных академических текстов (рефератов, эссе, обзоров, статей и т.д.)
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 фотоники и оптоинформатики
	ОПК-1.3 Понимает междисциплинарные связи в области математики и физики и способен их применять при решении задач в области фотоники и оптоинформатики

## 2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Введение в системное мышление» обучающийся должен:

### знать:

- что такое архитектура и как отличить важные решения от менее важных;
- как объединять объединить деятельности технопредпринимателя, инженера, менеджера;
- международные стандарты в области системной инженерии.

### уметь:

- уметь выделять свою систему среди интересов других сторон;
- бороться со сложностью в самых разных проектах;
- уметь делать архитектурное описание системы, выделять важные аспекты;
- пользоваться схемой проекта (возможности, стейкхолдеры, определение и воплощение системы, работы, технологии, команда) для уменьшения проектных рисков.

### владеть:

- понятиями системной инженерии такими как стейкхолдеры, требования, архитектура, холархия, системы, жизненный цикл;
- методами и инструментами выявления требований, формулирования требований в виде технических заданий.

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

Перечень типовых (примерных) домашних заданий

№ домашнего задания Название (тема) домашнего задания № приложения

- 1 Иерархия систем и проектные роли Приложение 1
- 2 Требования к системе Приложение 2
- 3 Архитектура системы Приложение 3
- 4 Жизненный цикл Приложение 4

Перечень типовых (примерных) вопросов к текущему контролю

Иерархия систем

Указать следующие типы систем: целевая система, использующая система, системы в операционном окружении, обеспечивающие системы.

Проектные роли



Привести список проектных ролей. Правильно ли понята театральная метафора, список проектных ролей составлен в соответствии с ней. Проектные роли специфичны для системы?

Возможности

Описаны потребности проектных ролей, выделены возможности команды?

Определение системы

Приведен список ограничений к системе?

Приведен список требований к системе?

Приведена архитектура системы и обоснования такого выбора?

Приведена компонентная диаграмма?

Воплощение системы

Приведена модульная диаграмма?

Приведена схема размещений?

Описан жизненный цикл системы?

Приведено состояние каждой из альф (подальф) системы?

Работы

Приведена декомпозиция работ по системе?

Работы названы так, что из них понятен ожидаемый результат?

Приведены decision gate этапов работ?

Команда

Приведен список ролей команды?

Указаны исполнители ролей?

Указаны функции ролей?

Технологии

Указаны технологии воплощения системы?

Указаны технологии, используемые обеспечивающей системой?

Приведены обоснования использования технологий?

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

1. Найдите и приведите 4-5 определений того, что такое система. Укажите источник, откуда взято определение.
2. На каких этапах проекта, в основном, работают системные инженеры? И за что ответственны системные инженеры?
3. Что послужило причиной появления системной инженерии и в чем её отличие от инженерии по специальности?
4. Насколько важна строгость (единственность) формулировок и определений в данном курсе системной инженерии?
5. В чем заключается отличие системной инженерии от инженерии систем?
6. Чем отличается системный инженер от инженерного менеджера, какие у каждой из ролей отличительные признаки деятельности?
7. Чем отличается школа системных инженеров от школы главных инженеров проектов?
8. Опишите различия инженерного метода и научного метода.
9. Приведите пример 'метанойи' из вашей жизни. Какие события способствовали 'переходу' в новое состояния?
10. Перечислите 10 существующих в вашем проекте рабочих продуктов, соответствующих основным альфам проекта (если не набирается 10, то объясните почему).
11. Перечислите 10 рабочих продуктов вашего проекта, которые планируется создать в ближайшее время, и альфы проекта, к которым они относятся.
12. Какими альфами вы преимущественно занимаетесь в своем проекте?
13. Каким альфам уделено меньшее количество внимания в вашем проекте?
14. Как вы считаете, какими основными альфами вы будете заниматься прежде всего после окончания ВУЗа? Знания каких дисциплин понадобятся вам при работе с этими альфами?
15. Какие технологии используются в вашем проекте?
16. Приведите 10 примеров инженерных систем, в которых проявляется эмерджентность (и опишите, в чем она заключается).

17. Сформулируйте название вашей целевой системы и опишите вашу роль в её жизненном цикле.
18. Опишите жизненный цикл вашей целевой системы.
19. Опишите 5 обеспечивающих систем для вашей целевой системы.
20. Опишите 5 основных систем в операционном окружении вашей целевой системы. Опишите их взаимодействие, выбрав для этого подходящий способ (текст, диаграммы, таблицы, mind map).
21. Опишите 5 различных надсистем для вашей системы и укажите соответствующие группы стейкхолдеров, для которых подходит эти описания.
22. Приведите 5 примеров инженерных систем систем.
23. Опишите свой проект в терминах компонент (принципиальная схема, система как чёрный ящик), модулей и размещений, а также укажите, для какой группы стейкхолдеров сделано это описание. Пояснение: уровень детализации принципиальной схемы и модульного описания зависят от того, для какой группы стейкхолдеров оно предназначено, так что сначала выберите и укажите стейкхолдеров, а потом стройте описание исходя из их интересов.
24. Опишите требования к целевой системе как к «чёрному ящику» (с указанием соответствующих групп стейкхолдеров, а также метода получения информации о требованиях).
25. Опишите ограничения к целевой системе (если они имеются).
26. Опишите архитектуру целевой системы (важнейшие инженерные решения, определяющие систему как "прозрачный ящик"). Укажите используемый метод описания архитектуры и причину его выбора.
27. Опишите жизненный цикл целевой системы в соответствие с используемым стилем разработки.
28. Укажите гейты (decision gate) на жизненном цикле и опишите решения, принимаемые в данной точке.
29. Укажите изменения, претерпеваемые основными альфами инженерного проекта в ходе прохождения по жизненному циклу.
30. Опишите состояние основных альф инженерного проекта с использованием практики контрольных вопросов. При необходимости большей детализации приведите соответствующее описание подальф крупной альфы проекта.
31. Укажите рабочие продукты, на основе которых было принято решение о переходе альфы в последующее состояние
32. Укажите рабочие продукты, над которыми сейчас ведется работа. Укажите, к какому изменению состояния это приведет, и почему приоритет отдан изменению именно этой альфы проекта.

Билет №1: Объясните разницу между определением и описанием системы.

Билет №2: Раскройте понятие 4D-экстенционализма.

#### Критерии оценивания

Итоговое задание: эссе «Оценка состояния инженерного проекта». Итоговое эссе готовится на материале проектов студентов, которые они выполняют на своих базовых предприятиях (компании или лаборатории). Сдача эссе подразумевает несколько итераций, итоговая оценка зависит от степени, в какой слушатель использовал в эссе материалы курса. Особое внимание нужно обращать, чтобы эссе было не про «бизнес-проект» и не про проект из «управления проектом», а про инженерный проект (т.е. оценка не менеджерская, не бизнес-оценка, а инженерная оценка), т.е. в том числе проверяется, насколько слушатель усвоил разницу между менеджерской дисциплиной «управление проектом» и инженерной дисциплиной «управление жизненным циклом». Проверяется применение студентом системноинженерного мышления, использование различных стилей описания системы. В эссе обязательным разделом также являются инженерные рекомендации по итогам оценки, текст эссе предоставляется также команде проекта базового предприятия.

Суммарная оценка выставляется по результатам написанного эссе (100%) согласно чек-листу (Приложение 5).

Оценка «отлично» выставляется за 8-10 баллов;

Оценка «хорошо» выставляется за 5-7 баллов;

Оценка «удовлетворительно» выставляется за 3-4 балла;

Оценка «неудовлетворительно» выставляется за 1-2 балла

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

Во время проведения экзамена обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины.  
Методические материалы представлены в Приложении 5.

Иерархия систем

Стейкхолдеры (проектные роли)

Возможности

Определение системы

Воплощение системы

Работы

Команда

Технологии

## Тема

## Итого:

Названа целевая система  
Названа использующая (надсистема) система  
Названы системы в операционном окружении  
Названы обеспечивающие системы  
Названы подсистемы

Приведен список стейкхолдеров (проектных ролей) системы  
Правильно понята "театральная метафора", список стейкхолдеров составлен в соответствии с ней  
Стейкхолдеры (проектные роли) специфичны для целевой системы  
Приведены описания стейкхолдеров

Описаны потребности (интерес+препочтение) стейкхолдеров (в частности, потребителей)  
Выделены возможности команды

Приведен список ограничений к системе  
Приведен список требований к системе

Список требований приведен относительно стейкхолдеров и возможностей  
Приведена архитектура системы и обоснования такого выбора  
Приведена компонентная (функциональная/принципиальная) диаграмма

Приведена модульная диаграмма  
Приведена схема размещений  
Описан жизненный цикл системы  
Приведено состояние каждой из альф (подальф) системы

Приведена декомпозиция работ по системе  
Работы названы так, что из них понятен ожидаемый результат  
Приведены decision gate этапов работ

Приведен список ролей команды  
Указаны зоны ответственности ролей  
Указаны исполнители ролей

Указаны технологии воплощения системы  
Указаны технологии, используемые обеспечивающей системой  
Приведены обоснования использования технологий

## Баллы

среднее арифметическое оценок за указанные ниже темы

Максимально 10 баллов

+2

+2

+2

+2

+2

Максимально 10 баллов

+2

+3

+3

+2

Максимально 10 баллов

+6

+4

Максимально 10 баллов

+2

+2

+2

+2

+2

Максимально 10 баллов

+3

+2

+2

+3

Максимально 10 баллов

+3

+4

+3

Максимально 10 баллов

+3

+4

+3

Максимально 10 баллов

+3

+4

+3