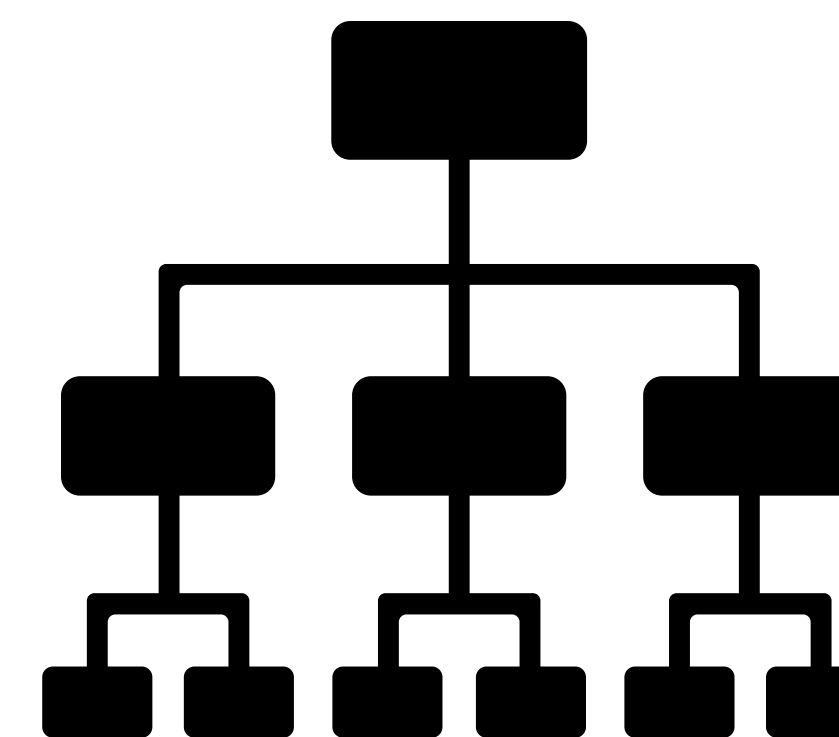


СИСТЕМОСТРОЕНИЕ и системная инженерия

Методология и инструментарий



22 ноября 2021, Вячеслав Мизгулин

Директор Русского отделения INCOSE, Генеральный директор ООО «Студия системостроения»

Для доклада на Комитете ИКТ «Системная инженерия. Новый технологический уклад»

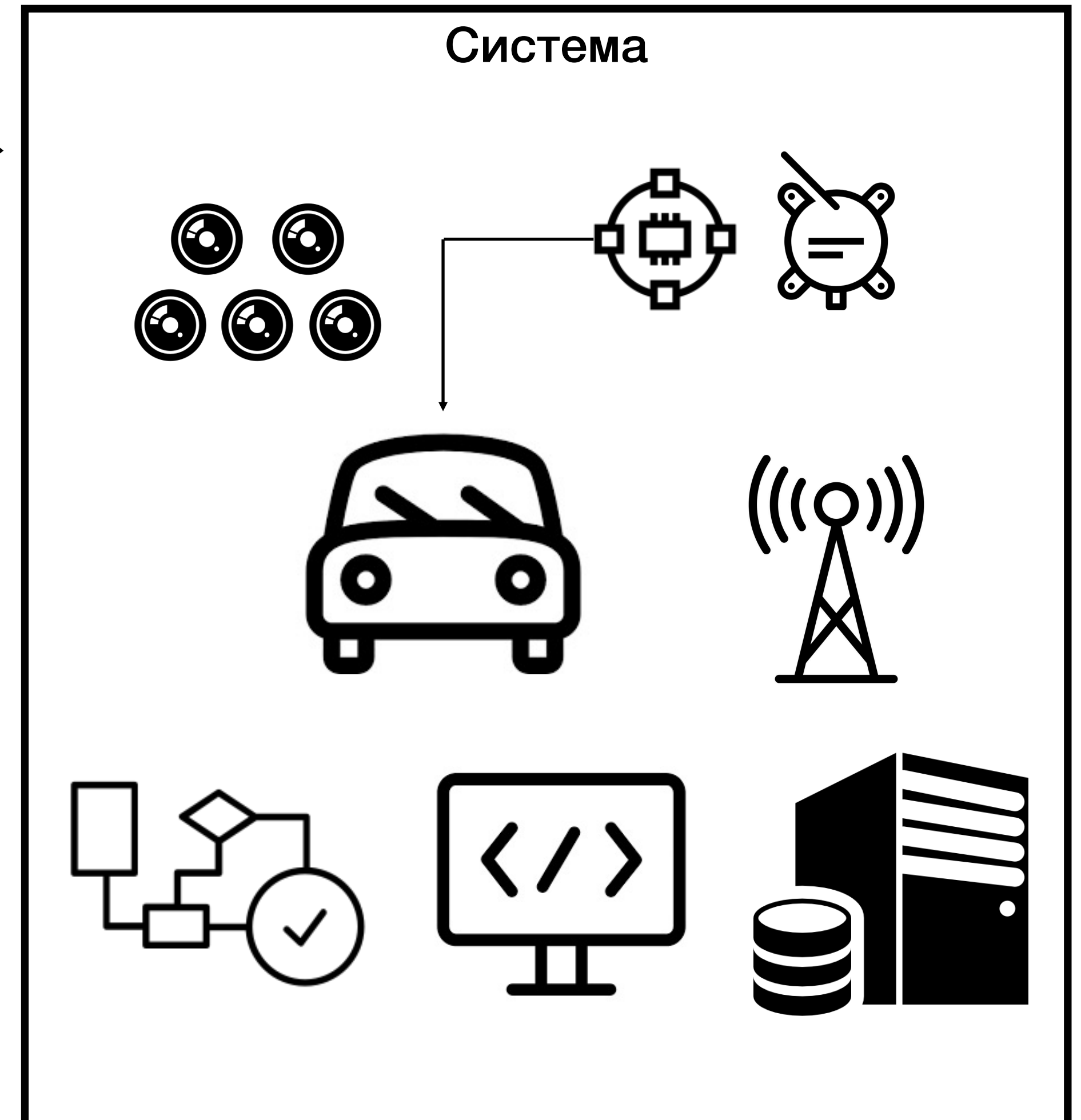
...от машиностроения к системостроению



Система (по Берталанфи) - это набор элементов во взаимодействии.

Система (сборное определение) - это объект, обладающий следующими возможными свойствами:

- эмерджентность
- целостность
- целенаправленность
- многосоставность
- многоуровневость
- многосвязность
- многофункциональность
- многодоменность
- многосубъектность
- распределенность
- неопределенность



ОТРАСЛЕВОЕ СИСТЕМОСТРОЕНИЕ

Авиакосмическое системостроение	Автотранспортное системостроение	Горнодобывающее системостроение	Организационное системостроение (оргстроительство)
Военное системостроение	Железнодорожное системостроение	Атомно-энергетическое системостроение	...
Сельско-хозяйственное системостроение	Водное системостроение	Химико-технологическое системостроение	...
Компьютерное системостроение	Газодобывающее системостроение	Нефтедобывающее системостроение	...

МЕТОДОЛОГИЯ СИСТЕМОСТРОЕНИЯ

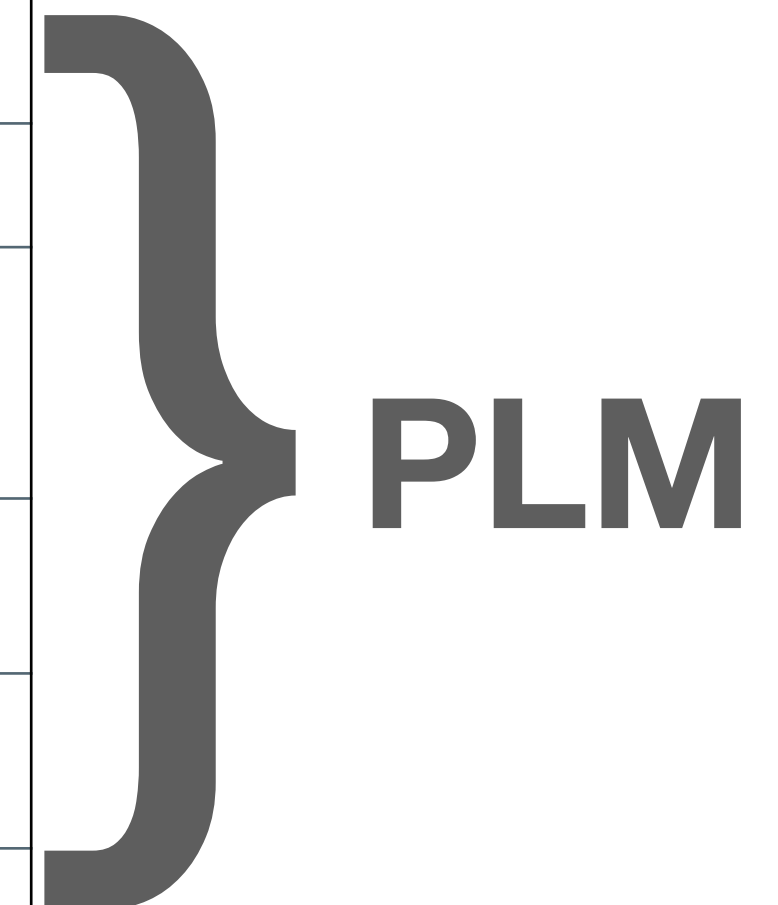
Системная инженерия

Методологию системостроения, включая набор типовых методов реализации процессов жизненного цикла, схематизации, управления и анализа сегодня называют системной инженерией.

Системная инженерия (по SEBoK) - трансдисциплинарный подход и средства, обеспечивающие реализацию успешных систем.

Программное обеспечение системной инженерии сегодня входит в состав инструментов управления жизненным циклом продукта (PLM).

№	Типовые проблемы сложных технических проектов	Требования к организации	Методологическое решение	Инструментарий
1	Высокая неопределенность , изменчивость бизнес-среды	Делать только то, что необходимо для долгосрочного успеха	Процессы жизненного цикла системы	Системы управления: бизнес-процессами, проектами, задачами (BPMS, PMS, TMS)
2	Междисциплинарность , стыковка разных отраслевых стандартов и специализаций	Определить общеинженерный стандарт для состыковки разных дисциплин и специализаций	Метод схематизации концептуальных и инженерных решений	Инструменты схематизации (MBSE)
3	Структурная сложность : много элементов и связей. Необъятность	Разделить сложный проект на простые части с возможностью восстановить целое	Метод управления информацией	Системы управления проектной документацией (PDM), в том числе требованиями и конфигурацией
4	Высокие ожидания от потребителей и многофункциональность	Найти баланс функциональности, удобства применения, эстетики и надежности	Метод управления конфигурацией	
5	Только одна попытка	Принимать решения на основе полной картины	Метод системного анализа и поддержка принятия решений	Системы имитационного моделирования и анализа данных, в тч digital model, twin, shadow и др.
6	Высокие требования к инженерной квалификации	Определить стандарт проектирования	Стандарт проектирования	Системы автоматизированного проектирования (CAD, CAE) + компонентная база
7	«Узкая зона» баланса качества и себестоимости	Определить технологический стандарт	Технологический стандарт	Системы автоматизации производства (CAM) + технологическая база



МЕТОДОЛОГИЯ СИСТЕМОСТРОЕНИЯ

Процессы жизненного цикла системы. Группа процессов разработки

Процесс жизненного цикла системы в сопоставлении со стандартом ISO 15288:2015	Формула	На входе	На выходе
Процесс технико-экономического обоснования системы ISO 15288:2015 Business analysis	<i>Если разработать и реализовать систему, компания сможет <экономический эффект></i>	<ul style="list-style-type: none"> • Миссия, рынок и бизнес-модель • Финансово-экономический расчет • Привлеченный ресурс • Команда 	<ul style="list-style-type: none"> • Требования к экономическому эффекту • Концепции кооперации, эксплуатации, инженерных решений и жизненного цикла системы • Технико-экономический макет системы
Процесс разработки требований к назначению ISO 15288:2015 Stakeholders needs and requirements definition	<i>Чтобы компания смогла <экономический эффект>, <роль> должна иметь возможность <требование к назначению></i>	<ul style="list-style-type: none"> • Требования к экономическому эффекту • Концепции кооперации, эксплуатации, инженерных решений и жизненного цикла системы • Технико-экономический макет системы 	<ul style="list-style-type: none"> • Уточненные требования к экономическому эффекту • Уточненные концепции кооперации, эксплуатации, инженерных решений и жизненного цикла системы • Требования к назначению • Операционный макет системы
Процесс разработки функциональных требований ISO 15288:2015 System requirements definition	<i>Чтобы <роль> смогла <требования к назначению>, система должна <функциональное требование></i>	<ul style="list-style-type: none"> • Уточненные требования к экономическому эффекту • Уточненные концепции кооперации, эксплуатации, инженерных решений и жизненного цикла системы • Требования к назначению • Операционный макет системы 	<ul style="list-style-type: none"> • 2-Уточненные требования к экономическому эффекту • 2-Уточненные концепции кооперации, эксплуатации, инженерных решений и жизненного цикла системы • Уточненные требования к назначению • Функциональные требования • Функциональный макет системы
Процесс разработки инженерных решений ISO 15288:2015 System architecture definition	<i>Чтобы система смогла <функциональное требование>, необходимо <инженерное решение></i>	<ul style="list-style-type: none"> • 2-Уточненные требования к экономическому эффекту • 2-Уточненные концепции кооперации, эксплуатации, инженерных решений и жизненного цикла системы • Уточненные требования к назначению • Функциональные требования • Функциональный макет системы 	<ul style="list-style-type: none"> • 3-Уточненные требования к экономическому эффекту • 3-Уточненные концепции кооперации, эксплуатации и жизненного цикла системы • 2-Уточненные требования к назначению • Уточненные функциональные требования • Инженерные решения • Инженерный макет системы
Процесс разработки требований к техническим характеристикам ISO 15288:2015 System design	<i>Чтобы система смогла <функциональное требование>, <инженерное решение> должно <требование к техническим характеристикам></i>	<ul style="list-style-type: none"> • 3-Уточненные требования к экономическому эффекту • 3-Уточненные концепции кооперации, эксплуатации и жизненного цикла системы • 2-Уточненные требования к назначению • Уточненные функциональные требования • Инженерные решения • Инженерный макет системы 	<ul style="list-style-type: none"> • 4-Уточненные требования к экономическому эффекту • 4-Уточненные концепции кооперации, эксплуатации и жизненного цикла системы • 3-Уточненные требования к назначению • 2-Уточненные функциональные требования • Уточненные инженерные решения • Требования к техническим характеристикам • Технический макет системы

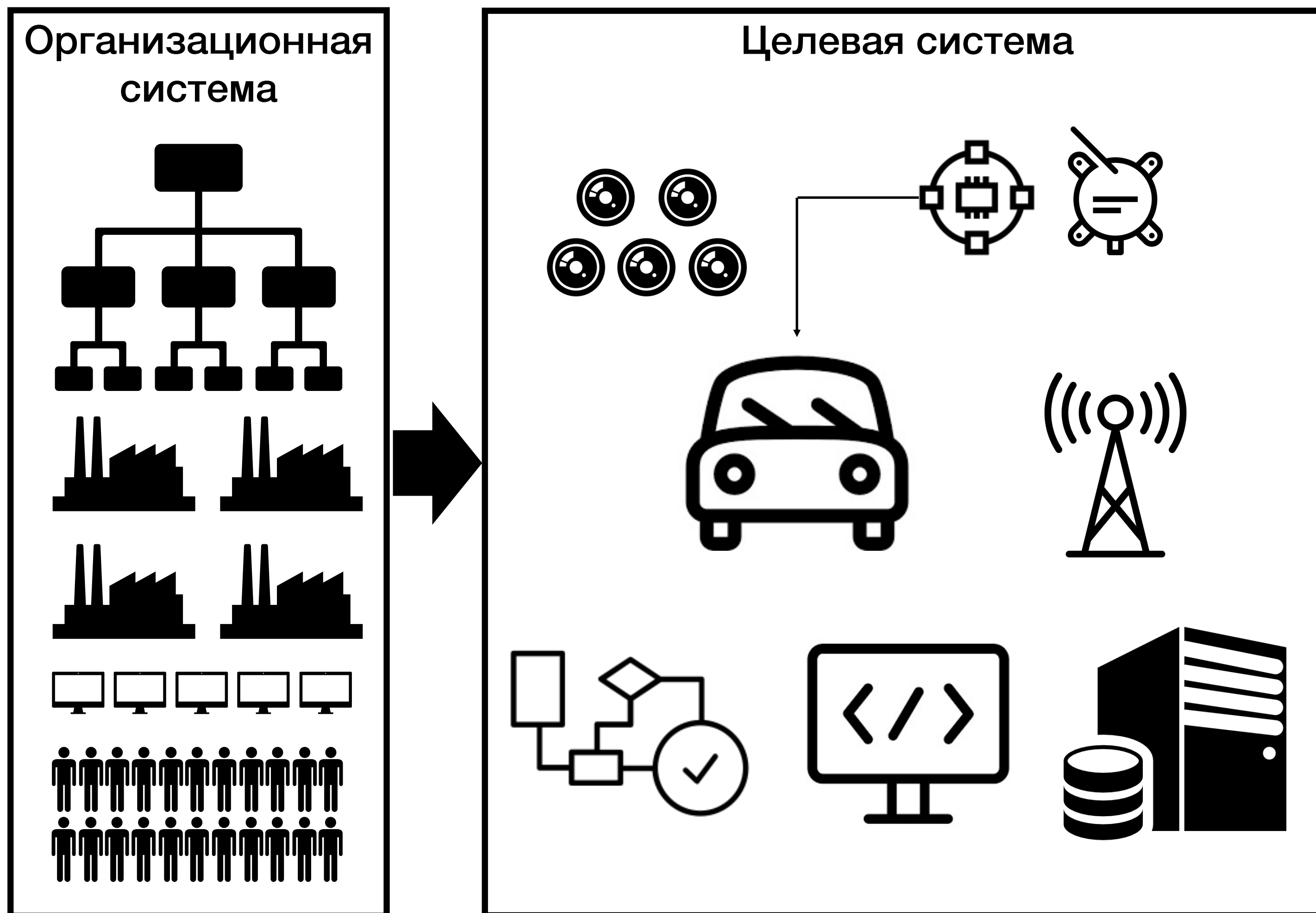
МЕТОДОЛОГИЯ СИСТЕМОСТРОЕНИЯ

Процессы жизненного цикла системы. Группа процессов реализации

Процесс жизненного цикла системы в сопоставлении со стандартом ISO 15288:2015	Формула	На входе	На выходе
Процесс изготовления, закупки и переиспользования ISO 15288:2015 Implementation	<i>Изготовить/закупить/переиспользовать сборочную единицу в соответствии с <требования к техническим характеристикам></i>	<ul style="list-style-type: none"> • 2-Уточненные функциональные требования • Уточненные инженерные решения • Требования к техническим характеристикам • Технический макет системы 	<ul style="list-style-type: none"> • Изготовленные, закупленные или вновь используемые сборочные единицы • Технические паспорта сборочных единиц • Пакеты проектной документации
Процесс комплексирования ISO 15288:2015 System integration	<i>Выполнить комплексирование сборочных единиц в сборочные узлы в соответствии с <инженерное решение></i>	<ul style="list-style-type: none"> • 2-Уточненные функциональные требования • Уточненные инженерные решения • Требования к техническим характеристикам • Изготовленные, закупленные или вновь используемые сборочные единицы • Технические паспорта сборочных единиц • Пакеты проектной документации 	<ul style="list-style-type: none"> • Сборочный узел • Система в сборе • Программа и методики комплексирования
Процесс испытаний ISO 15288:2015 Verification & Validation	<ul style="list-style-type: none"> • Сборочный узел должен соответствовать <функциональное требование> • Система должна соответствовать <функциональное требование> • <Роль> должна иметь возможность <требование к назначению> • Компания должна иметь возможность <экономический эффект> 	<ul style="list-style-type: none"> • 4-Уточненные требования к экономическому эффекту • 4-Уточненные концепции кооперации, эксплуатации и жизненного цикла системы • 3-Уточненные требования к назначению • 2-Уточненные функциональные требования • Уточненные инженерные решения • Требования к техническим характеристикам • Изготовленные, закупленные или вновь используемые сборочные единицы • Система в сборе и/или макет системы 	<ul style="list-style-type: none"> • Программа и методики испытаний • Отчеты об испытаниях • Заключение по испытаниям • Акты проверок и приемок
Процесс внедрения ISO 15288:2015 Deploy	<i>Внедрить систему в соответствии с <требование к назначению></i>	<ul style="list-style-type: none"> • 4-Уточненные требования к экономическому эффекту • 4-Уточненные концепции кооперации, эксплуатации и жизненного цикла системы • 3-Уточненные требования к назначению • Система в сборе 	<ul style="list-style-type: none"> • Система, внедренная в среду эксплуатации • Программа и методики внедрения • Акты подключений к инфраструктуре • Акты обучения персонала • Разрешения от регуляторов
Процессы эксплуатации, сопровождения и вывода из эксплуатации ISO 15288:2015 Operations, Support, Retirement	<i>Использовать, сопровождать и вывести из эксплуатации систему, чтобы достичь <экономический эффект></i>	<ul style="list-style-type: none"> • Система, внедренная в среду эксплуатации • Акты подключений к инфраструктуре • Акты обучения персонала • Разрешения от регуляторов 	<ul style="list-style-type: none"> • Операционная деятельность, сервисы сопровождения и вывода из эксплуатации • Эксплуатационная и сервисная документация

ВЫВОДЫ

1. Потребность разобраться в методологии возникает, когда нет иного способа достичь цели
2. Драйвером (не заказчиком) осмысления методологии является автоматизация и цифровизация
3. Менеджмент должен строить и сопровождать организационную систему
4. Организационная система должна строить и сопровождать целевые системы
5. Системный инженер - это роль в организационной системе. Его область ответственности - координация инженеров разных подразделений, специализаций, подрядчиков. Он должен уметь разрабатывать и применять в работе:
 - Требования
 - Концепции
 - Инженерные решения
 - Макеты
 - Программы и методики комплексирования, испытаний и внедрения



Вопросы

ЧТО НУЖНО, ЧТОБЫ СИ СТАЛА АКТИВНО ИСПОЛЬЗОВАТЬСЯ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ОПК?

- Нужен хороший, прожитый на практике, стандарт по на русском языке
- Нужны требования со стороны Заказчика по исполнению стандарта и служба контроля
- Нужны центры подготовки системных инженеров при предприятиях

ГДЕ СИ УЖЕ ПРЕПОДАЕТСЯ?

- УрФУ
- МИФИ
- МФТИ
- МИРЭА
- Сколтех
- Есть еще вузы в Москве, Новосибирске, Томске, Казани и других крупных городах
- Есть готовность к созданию межвузовской сети по СИ

Источники

1. А. Косяков. Системная инженерия. Принципы и практика (2017)
2. В. Николенко. Базовый курс системной инженерии (2018)
3. А. Левенчук. Системное мышление (2021)
4. В. Мизгулин. Системный инженер. Как начать карьеру в новом технологическом укладе (2017)
5. Oliver de Weck. Fundamentals of Systems Engineering (MIT course) <https://ocw.mit.edu/courses/aeronautics-and-astronautics/16-842-fundamentals-of-systems-engineering-fall-2015/>
6. Dov Dori. Object-process methodology <http://esml.iem.technion.ac.il/>
7. Lifecycle modeling language <https://lifecyclemodeling.org/about-lml/>
8. Archimate language <https://pubs.opengroup.org/architecture/archimate3-doc/>