

СИСТЕМНЫЙ ИНЖИНИРИНГ-4!

ИНЖИНИРИНГ СИСТЕМНОГО ЭФФЕКТА И КЛАССИФИКАЦИЯ ПРОДУКТОВЫХ СИСТЕМ.

Рост масштабов и усложнение способов организации человеческой деятельности по созданию промышленных систем, повышение степени ответственности за результаты работы систем управления производственными процессами, быстрое возрастание сложности возникающих при этом научных, технических и управленческих проблем привели к появлению в середине XX века **системной инженерии** как новой прикладной системной методологии. Сегодня мировое научное и индустриальное сообщества признают системную инженерию в качестве методологической основы организации и осуществления деятельности по созданию систем любого класса и назначения. В свою очередь, среди направлений, где системная инженерия сосредотачивает сегодня первоочередные усилия, выделяются: создание промышленных предприятий, индустриальных парков, площадок, комплексов и сетей, управление деятельностью по созданию предприятий как сложных комплексных адаптивных систем, а также управление жизненным циклом сложных производственных систем с учетом изменений рынков и экономических параметров производства.

Сегодня под **СИСТЕМНЫМ ИНЖИНИРИНГОМ** понимают методiku решения комплексных проблем, базирующуюся на теории систем (системотехники) и включающую процесс разработки систем как единого целого, а также соответствующую профессию. Существует множество определений, моделей и стандартов для системного инжиниринга, например, ISO/IEC 15288 (Разработка систем – Жизненный цикл систем и его процессы (Разработка систем и ПО – процессы жизненного цикла системы) предполагает, что **Системный Инжиниринг – это дисциплина, которая специализируется на разработке и применении целого (системы), а не отдельных частей**. Он включает в себя анализ проблемы в её совокупности с учетом всех граней и переменных, а также влияние социальных и технических аспектов. Системный инжиниринг технические и организационные процессы, действующие параллельно и влияющие на принятие решений одновременно. Решения, принятые в начале жизненного цикла системы и последствия которых не до конца изучены, могут привести к серьёзным осложнениям в последующей жизни системы. Задача специалиста по системам – изучить все эти вопросы до принятия решения об окончательной архитектуре системы.

Надо сразу критически отметить, что есть целый ряд проблем с буквальным пониманием системного инжиниринга в русском и английском языке. Если мы рассматриваем системный инжиниринг как **СОЗДАНИЕ СИСТЕМ** (Systems Engineering) вообще, то реально эта формулировка является своеобразным абсурдом: любой объект инжиниринга - это или система, или, если таковой представляет собой единый монолит (например, деталь) это элемент внешней системы любого уровня, а значит **ВСЕ ЧТО ВЫ СОЗДАЕТЕ - СИСТЕМНЫЙ ИНЖИНИРИНГ** по умолчанию. С другой стороны, если мы принимаем системный инжиниринг, как деятельность по системным методикам и процедурам (System Engineering). Но любой, даже начинающий инженер скажет, что **НЕВОЗМОЖНО заниматься инженерным делом без какой-то примитивной системы** (даже обычное техническое образование такую систему прививает), то вряд ли вы получите результат. Результат может получить гений, но тогда это не системный инжиниринг, а сотворение чуда. Так же можно рассуждать про иные значения этого словосочетания, но результат всегда окажется единым: **ИНЖИНИРИНГ НЕВОЗМОЖЕН БЕЗ СИСТЕМНОСТИ** ни в каких иных смыслах!

В западной практике применяются и другие термины системного инжиниринга, например, вариант Научно-производственного института (НПИ) Швейцарской высшей технической школы Цюриха (ETH Zürich), показывающий, что **Системный инжиниринг – это процесс, в рамках которого инженеры анализируют и оптимизируют комплексную техническую систему для достижения поставленной цели**. Система характеризуется компонентами, признаками и отношениями. Степень сложности задачи приводит к необходимости использовать междисциплинарные группы для эффективного достижения результатов (Stasinopoulos, 2009, WholeSystemsDesign, p.23).

В уровне точности восприятия системной инженерии больше всех приблизился именно стандарт **INCOSE** (International Council on Systems Engineering, Руководство по системному инжинирингу), который предполагает, что **Системный Инжиниринг – это междисциплинарный подход, предназначенный для создания УСПЕШНЫХ систем**. Иными словами, он определяет **СИСТЕМНЫЙ ИНЖИНИРИНГ** именно как **ИНЖИНИРИНГ УСПЕШНЫХ СИСТЕМ**, то есть фокусируется на определении потребностей клиента и желаемой функциональности на ранних стадиях разработки, а также на

документации требований, проектировании и валидации системы при рассмотрении проблемы в её совокупности. СИ учитывает род занятий и технические потребности всех клиентов с целью обеспечения качественного продукта, удовлетворяющего требованиям пользователя (INCOSE, INCOSE Systems Engineering Handbook v.3.2 от 2010г.).

Поэтому вопросу оценки успешности, определения параметров успешности систем придается важнейшее значение, а сама **УСПЕШНОСТЬ СИСТЕМЫ** может определяться именно **КАЧЕСТВОМ СИСТЕМНОГО ЭФФЕКТА**. К сведению, **Системный эффект** - это **главное свойство любой системы, качество присущее системе как совокупности элементов и подсистем, и не присущее каждому из них в отдельности!** Исходя из такой логики, которая, на наш взгляд, и отвечает сути понятия Системный инжиниринг, можно зафиксировать такое новое определение: **СИСТЕМНЫЙ ИНЖИНИРИНГ - это инжиниринг НОВОГО СИСТЕМНОГО ЭФФЕКТА!** О каком системном эффекте идет речь: оптимальном, максимальном или каком-то ином - это второй вопрос для системного инженера, но главное, что нужно Заказчикам и потребителям при создании успешных систем – это именно отличный от предыдущих вариантов системный эффект! Нет смысла создавать новый двигатель, все элементы которого давно известны, а вот сделать двигатель с новыми показателями – это задача системной инженерии. Нет смысла говорить об системном инжиниринге промышленного предприятия, а вот говорить о повышении производительности, безопасности, конкурентоспособности - **МОЖНО** и **НУЖНО**, это и будет **создание успешной системы с новым системным эффектом!**



Рис.1 Классическая модель ПРОДУКТОВОЙ СИСТЕМЫ

Главным свойством системы является ее целостность, то есть появление таких новых свойств, которых нет у каждой ее части в отдельности. Свойства организованной системы не есть сумма свойств её частей, а нечто большее, которое и называют системным эффектом. Это явление называют несводимостью свойств или **эмерджентность**, как мы указывали выше. Каждая система создается в интересах системы более высокого уровня. Как правило, и целью и результатом объединения частей в систему бывает системный эффект. Неожиданные выигрыши, получившиеся от объединения частей в систему помимо системного эффекта, называют сверхэффектом. Сверхэффект – неожиданный, заранее непредвиденный (синергетический в том числе) дополнительный результат объединения частей в систему. Говорить непринужденно о системном эффекте всегда можно при условии, что каждый элемент системы не принимает решение о своем участии в нем. Поэтому такая непринужденность хороша для технических искусственных систем. Для социально-экономических искусственных систем такой подход не работает, возникает ситуация сложных систем с реакцией на обратную связь. А значит и с необходимостью внутреннего саморегулирования. Если искусственная система создана с ориентацией на выживаемость и адаптируемость, ее качество и функционал будут востребованы и эффективны. Любая естественная система обеспечивает не только свое самовосстановление, но и адаптацию к изменяющейся окружающей среде.

Существует классические классификации и огромное количество различных видов систем: материальных, абстрактных, социальных, технических, биологических, педагогических. Единственный недостаток такой классификации - это концентрация на области применения системы, а не на системном эффекте. Любая система имеет: цели создания (существования), состав и характеристики частей, структуру и архитектуру, связи внутренние (между частями) и внешние (с другими системами), ресурсы, потребляемые системой (информационные, материальные, энергетические), продукты,

вырабатываемые системой (полезные и вредные человеку), функционирование системы (поведение). Практически все эти характеристики лежат в основе **классификации систем по ВИДАМ СИСТЕМНОГО ЭФФЕКТА**:

1. **Состояние системы** – это **Совокупность значений показателей системы**. Например, любая биологическая система и её аналоги существуют именно для того, чтобы обеспечить стабильное состояние системы в целом, коротко называемое – жизнеспособность. По сути, сама система существует для самосохранения.
2. **Поведение (Движение, динамика) системы** – **процесс перехода из одного состояния в другое**. Поведение, как системный эффект, определяется ожидаемой реакцией на воздействие внешней среды или внутренних процессов, при этом оно может быть, как программируемое, так и саморегулируемое. А качество системного эффекта (успешность системы) определяется степенью соответствия целям создания системы в целом.
3. **Потребительское качество**. Например, когда речь идет о технике, автомобилях или самолетах, недвижимости или искусственной среде, которые сами по себе являются техническими системами, нам важно насколько она соответствует потребительским ожиданиям и требованиям безопасности.
4. **Создание продукта**. Системы, главный эффект которых именно новый продукт, то есть результат внутрисистемных процессов, создающих то, что не может создать автономно ни один из элементов системы. При этом продуктом может быть, как автономный элемент, так и новая система, например, уже указанный выше автомобиль или здание. **Продуктовые системы**– это системы преобразования или трансформации сырьевых ресурсов (Материи, Энергии и Информации) в новое состояние (продукт) (см. Рис.1).

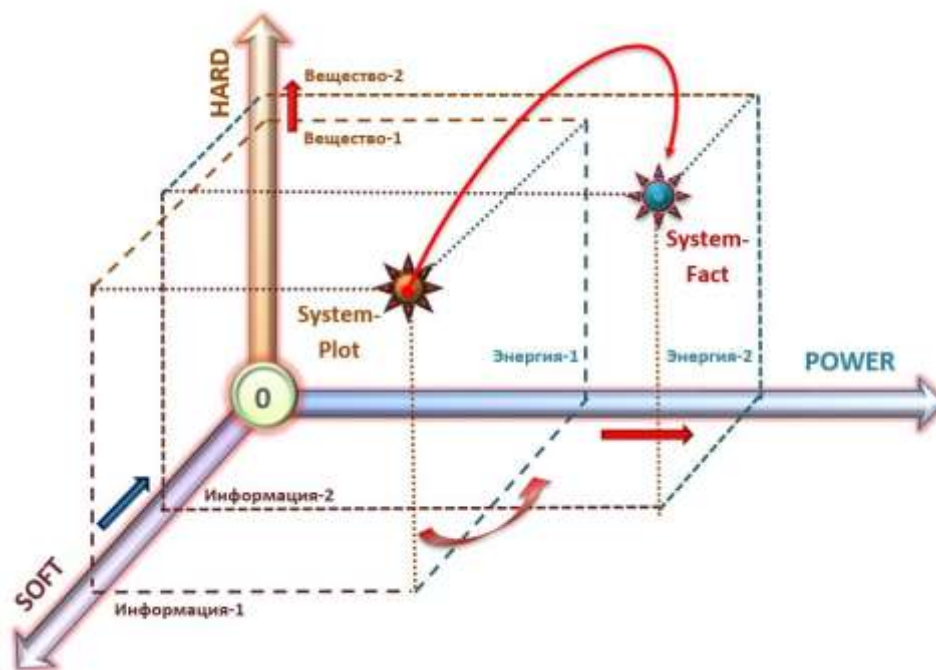


Рис.2 Создание успешной системы в триедином представлении

Разумеется, могут быть и другие типы классификации систем по системному эффекту, но мы сознательно решили остановиться на продуктовых системах, поскольку они представляют собой наибольший интерес в части актуальности системного анализа и практического использования. Классический подход к созданию систем предполагает, что продуктовая система, как и любая другая система – есть **триединая функциональная совокупность физической материи, энергии и информации (hard, soft, energy)**, а результирующий продукт также является олицетворением этих трех функциональных элементов – материи, энергии и информации. Системы и их компоненты могут обмениваться материей, энергией и информацией (см. Рис.2). При этом мы понимаем, что одна из этих функциональных составляющих всегда является базовой или превалирующей, формирующей смысловое оформление продукта. В общем случае, каждый компонент продуктовой системы представляет собой такую же совокупность, а значит мы можем их описать с позиции своего места в продуктовой системе (см. Рис.3).

Если сопоставить продукт и предмет труда по парам Материя-Энергия-Информация, то мы получим 9 вариантов различных продуктовых систем. Кроме того, если учесть, что продукт системы может быть и **УНИКАЛЬНЫМ** результатом проектной технологии, и **ТИПОВЫМ** продуктом процессной технологии, то мы получаем 18 типов продуктовых систем. По сути, именно такие пары определяют базовую классификацию большинства продуктовых систем. Таких пар можно рассмотреть несколько, но в рамках интересующей нас темы, имеет смысл остановиться на наиболее важных, например, пара **S-S** – в чистом виде Информационная система, пара **H-H** – это продуктовая система генерирующая материальный продукт из материальных предметов и чаще всего называется **производственной системой**. Типичная матрица продуктовых систем с учетом экзистенциального триединства вещества, энергии и информации представлена ниже (см. Рис.4).



Рис.3 Матрица сущностного наполнения продуктовой системы.

Разумеется, в зависимости от технологии, мы можем говорить, как о процессной производственной системе, типа завод, или о проектной производственной системе, например, в форме девелоперской компании. Если предметом является физическая сущность, а продуктом - энергия (**H-E**), то мы говорим о системах энергогенерации, если мы видим пару информация – энергия (**S-E**), то можно говорить о **системах управления**, где продуктом является как раз Управляющее воздействие, то есть именно Энергетическое воздействие на объект управления. Интересно в этом разрезе выглядит система энергия-материя (**E-H**), которая чаще реализована в виде биологической растительности, трансформация фотосинтеза во флору. Как мы уже заметили, в любой системе каждый элемент может быть сам системой (подсистемой), в т.ч. и продукт может быть системой (например, объекты недвижимости) и называться целевой или продукт-системой. Он же может быть и элементом вышестоящей системы, для которой сама продуктовая система является подсистемой. Мы не случайно

привели в пример объект недвижимости, поскольку он показывает, что сама технология производства продукта может быть проектная или процессная. Как результат проекта, продукт всегда уникальный, повторение невозможно, как результат процесса - продукт повторяющийся, стандартный или типовый. Как результат процесса продукт может быть одноразовый (индивидуальный заказ - не путать с проектом), партионный (заказная партия) или поточный (конвейерный). Если система генерирует продукт как результат проекта - это проектно-ориентированная продуктовая система. Таким образом, производственная система процессного типа – это конвейер по производству автомобилей, а то время как производственная система проектного типа – это как раз обычное строительное предприятие. Средство труда и труд, как и предмет труда тоже могут быть системами и эти системы также могут быть и проектно-продуктовыми, и процессно-продуктовыми.

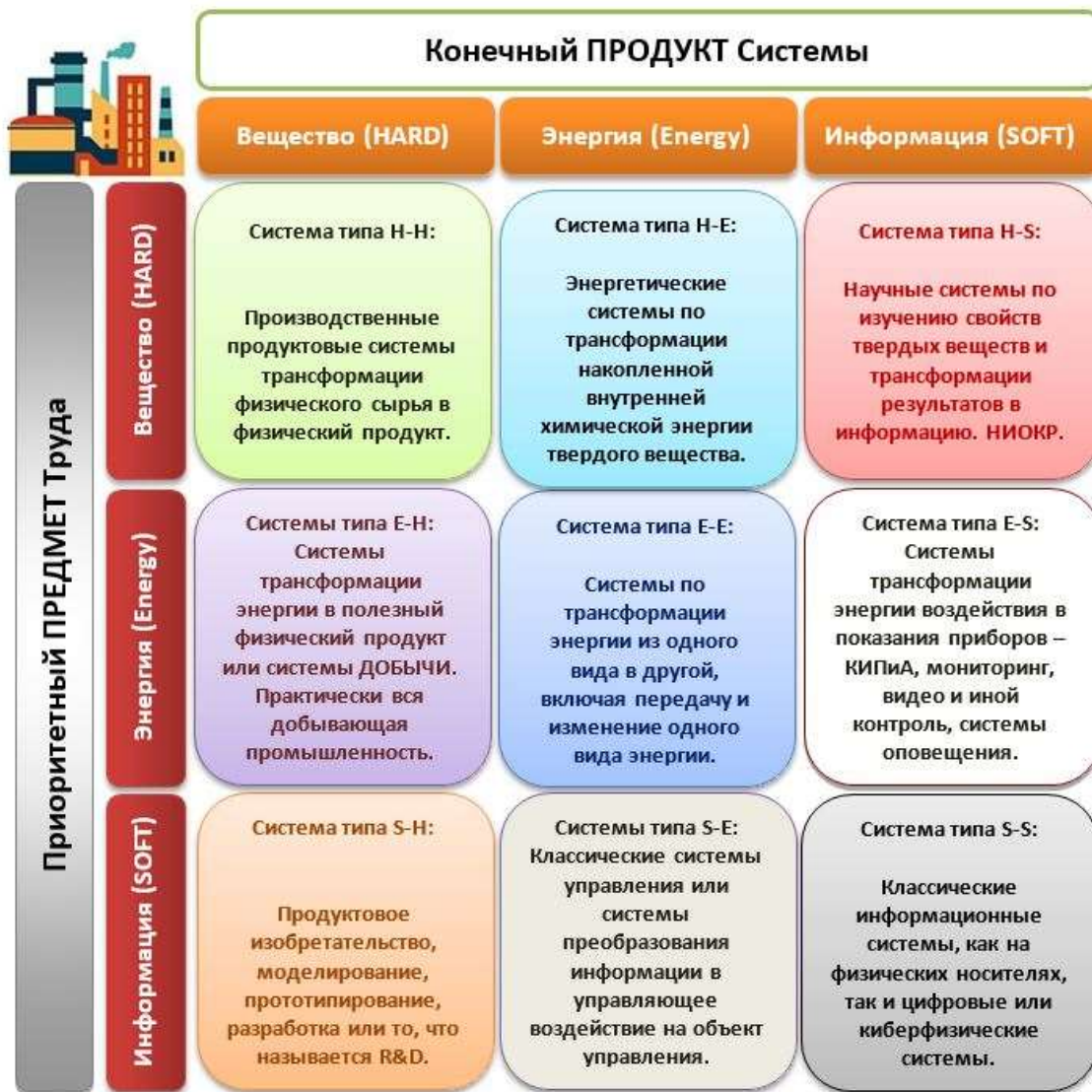


Рис.4 Базовая классификация продуктовых систем.

Исходя из этой базовой классификации продуктовых систем можно построить практическую любую сложную систему, состоящую из подобных подсистем всех видов. Очевидно, что сам бизнес - всегда информационная система, включает производственные подсистемы, системы управления, информационные кибернетические системы, системы сбора информации из научной и экспериментальной среды и т.д. Точное наполнение системы с точки зрения классификации подсистем по видам системного эффекта - дает точное понимание как ресурсных потоков, так и количественные данные по точкам контакта и обмена веществом, энергией и информацией. А это и есть основа инжиниринга успешной системы.

МАЛАХОВ Владимир Иванович



Позиция:

Президент **БИСКИД** – Бизнес-школы Инвестиционно-Строительного Консалтинга, Инжиниринга и Девелопмента»
Вице-президент **НПИ** – Национальной Палаты Инженеров России
Генеральный директор ООО «СТГМ» – Современные Технологии Генподрядного Менеджмента

Квалификация:

Кандидат экономических наук

Диссертация на тему - "Стратегия реструктуризации промышленно-строительного холдинга"
по специальности 08.00.05 – Экономика и управление народным хозяйством (экономика, организация и управление предприятиями, отраслями, комплексами промышленности), Д.212.198.01, Москва, 2005 год
Доктор делового администрирования (Doctor of Business Administration, DBA)

Программа DBA - Высшей школы корпоративного управления РАНХиГС при Президенте РФ, 2012 год
75 статей и публикаций: <https://www.samovod.ru/content/informatsiya-ob-avtore/?ID=282>

Общественный статус:

Член Экспертного Совета Комитета ГД ФС РФ по инф. политике, информационным технологиям и связи.

Член экспертного Совета по инжинирингу при Минпромторге РФ

Лауреат премии BIM&Security-2019 в номинации «Формирование понимания BIM»

Опыт работы: Более 25 лет в строительстве, в том числе:

- Финансовый директор ОАО «Уренгоймонтажпромстрой»;
- Генеральный и исполнительный директор ООО «Стройтрансгаз-М» ГК «Стройтрансгаз»;
- Исполнительный директор ООО «Стройгазмонтаж»;
- Генеральный директор ООО «РусГазМенеджмент» ГК «Роза мира»;
- Директор по развитию НОУ «Московская Высшая Школа Инжиниринга»;
- Директор по инжинирингу ЧУ ГК «Росатом» Отраслевой Центр Капитального Строительства – **ОЦКС**.
- Исполнительный Вице-президент **НАИКС** Национальной Ассоциации Инженеров-консультантов в строительстве.

Проекты (выборочно):

- ОАО «Газпром»: Новоуренгойский газо-химический комплекс, г. Новый Уренгой.
- ООО «Стройтрансгаз-М»: Хакасский алюминиевый завод, г. Саяногорск,
 - Комплекс по уничтожению химического оружия, Курганская область,
 - Юго-Западная ТЭЦ г. Санкт-Петербург и многие другие.
- ООО «Стройгазмонтаж»: Морской газопровод Джубга-Лазаревское-Сочи.
- ООО «Русгазменеджмент»: Заводы по переработке ПНГ в ХМАО и другие.

