ОСНОВЫ СИСТЕМНОЙ ИНЖЕНЕРИИ

ЛЕКЦИЯ 1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ СИСТЕМНОЙ ИНЖЕНЕРИИ

1.1. Возникновение системной инженерии

Рост масштабов и усложнение способов организации деятельности по созданию систем, повышение ответственности за её результаты, быстрое возрастание сложности возникающих при этом *научных*, *технических* и *управленческих* проблем привели к появлению в середине XX века новой прикладной системной методологии – *системной инженерии* (systems engineering) СИ.

Сегодня мировое академическое и индустриальное сообщества признают системную инженерию в качестве *методологической основы*, позволяющей установить устойчивую, сквозную связь между стратегическими целями, конкретными задачами и измеримыми результатами инженерной деятельности по созданию систем любых классов и назначения.

1.2. Проблемы современной инженерии

- Сложность: до 10 млн. деталей (нефтяная платформа), проект существует до 100 лет
- До 1000 контракторов на один проект, у каждого контрактора свой язык
- Мультидисциплинарность
- Требования и спецификации проекта приходят с самых разных сторон и непрерывно меняются

Каждый проект стал «*вавилонской башней*».

1.3. Основные определения

Системная инженерия – наука о создании крупных комплексных систем, которые соответствуют определенному набору экономических и технических требований.

Системная инженерия - междисциплинарная область технических наук, сосредоточенная на проблемах создания эффективных, комплексных систем.

Системная инженерия – междисциплинарный подход, определяющий полный набор технических и управленческих усилий, необходимых для преобразования совокупности потребностей клиента, ожиданий и ограничений в решения и для поддержки этих решений на протяжении их жизни

Системная инженерия – наука о создании успешных систем, в точности с требованиями заказчика, в рамках бюджета в установленные сроки.

Система – совокупность (комбинация) взаимодействующих элементов, организованных для достижения одной или нескольких поставленных целей.

Для любой системы можно выявить множество интересов к разным аспектам её функционирования или устройства. Это могут быть интересы к продуктам и результатам, предоставляемым системой. При этом продукты и результаты бывают как прямые (например, вырабатываемая ГЭС электроэнергия), так и косвенные (например, потенциальная угроза для жизни и здоровья, которой является АЭС). Среди интересов может быть интерес к деньгам, которые система приносит – интерес собственника к его предприятию, или интерес налоговой инспекции к налогоплательщику. Интересы могут быть к составным частям системы – интерес начальника цеха к станкам в его сфере ответственности, или интерес конструктора к чертежам порученного ему узла.

Условное лицо, роль которого по отношению к системе определяется его интересами, мы будем называть стейкхолдером (иногда также говорят «заинтересованное лицо»).

Введённые понятия система (system), целевая система (system of interest), обеспечивающая система (enabling system), система в операционном окружении (system in operational environment), интерес (concern), стейкхолдер (stakeholder) соответствуют основным понятиям, введённым

международным стандартом процессов жизненного цикла ISO/IEC 15288:2008 Systems and software engineering - System life cycle processes.

1.4. Что дает системная инженерия (по данным INCOSE)

10% затрат на внедрение системной инженерии дают выигрыш в 20% стоимости проектов, и на 50% увеличивают вероятность окончания проекта в срок. Это достигается через:

- введение общего языка, описывающего проект;
- сознательный сдвиг усилий на ранние стадии проекта, где цена ошибки экспоненциально меньше.

СИ фокусируется:

- на определении нужд пользователей и требуемой функциональности на ранних стадиях цикла разработки,
- на документирования требований,
- на синтезе дизайна системы,
- на подтверждении соблюдения пользовательских требований

СИ описывает процесс разработки систем и как бизнес-процесс, и как технический процесс. СИ охватывает стадии жизни систем от появления замысла до вывода из эксплуатации

Примеры систем, нуждающихся в системном инженере приведены на рис.1.

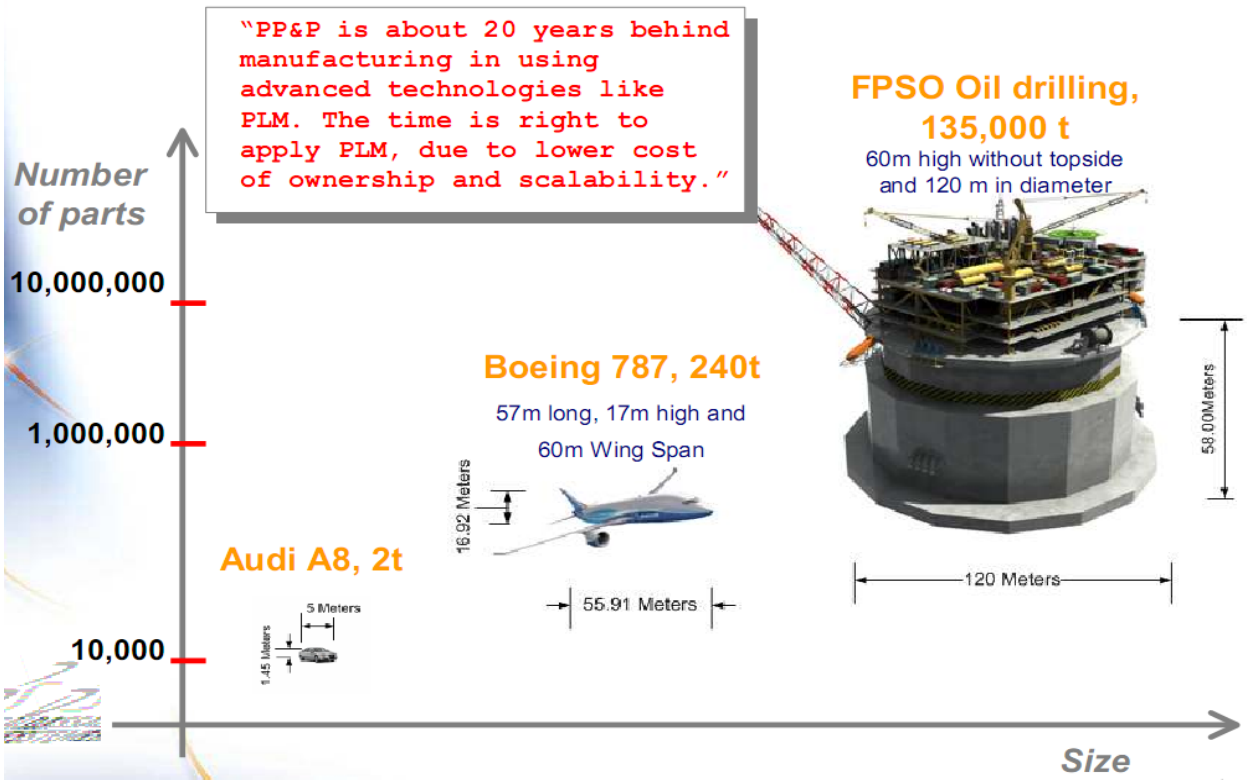


Рис. 1 . Примеры систем, нуждающихся в системном инженере.

ЛЕКЦИЯ 2. МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЙ ПОДХОД В СИСТЕМНОЙ ИНЖЕНЕРИИ

Простой пример системы, нуждающихся в системной инженере – квадрокоптер (беспилотный летательный объект).

Рис. 2 . Квадрокоптер.

Для создания квадрокоптера необходимы следующие элементы:

1. Двигатели
2. Регуляторы
3. Рама
4. Винты
5. Радиооборудование
6. Видеокамера
7. Устройство управления
8. Батарея (аккумулятор)

Схема соединения перечисленных элементов представлена на рис. 3.

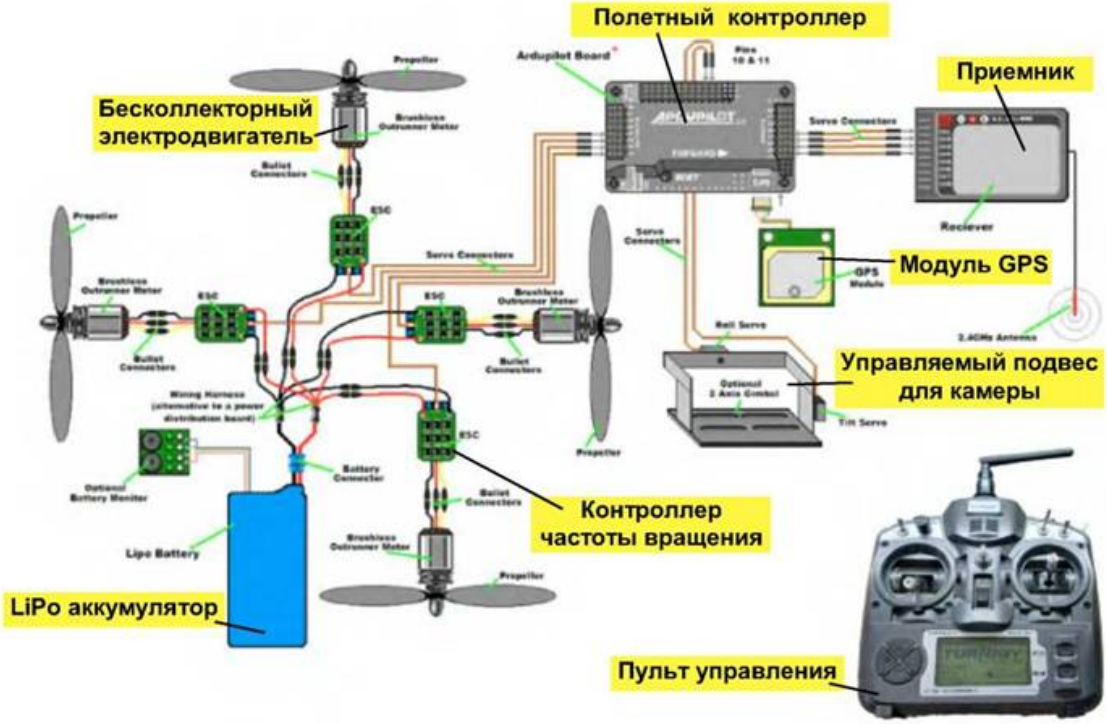


Рис. 3 . Квадрокоптер.

Для разработки перечисленных элементов и сборки конструкции необходимы знания многих дисциплин, не ограничивающихся предметами одной отрасли:

1. Механика
2. Электротехника
3. Компьютерная электроника
4. Компьютерные сети
5. Радиотехника
6. Теория алгоритмов, программирование
7. Вычислительные методы, теория автоматического управления

Более полная карта предметных областей, необходимых для создания квадрокоптера представлена на рис. 4.

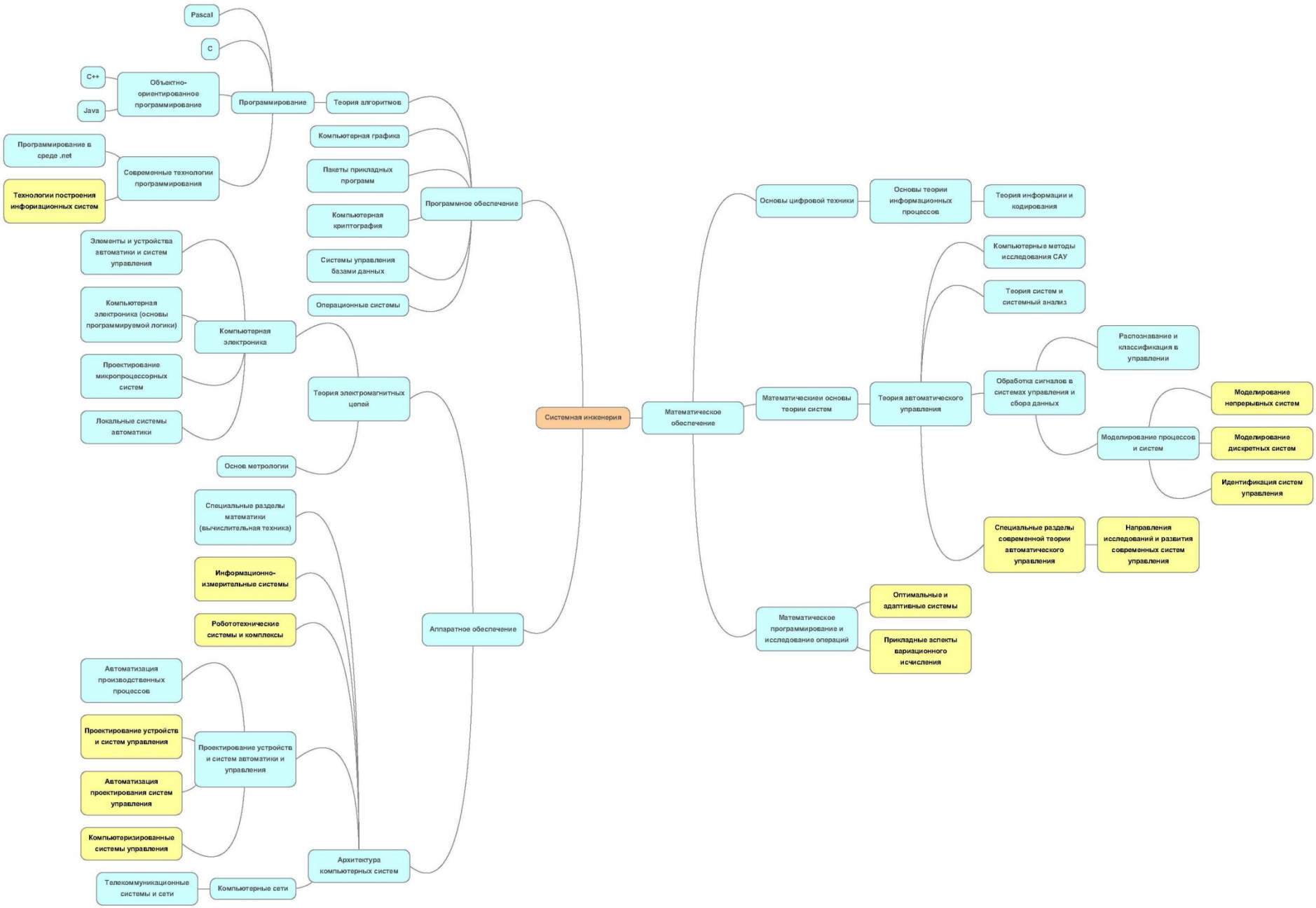
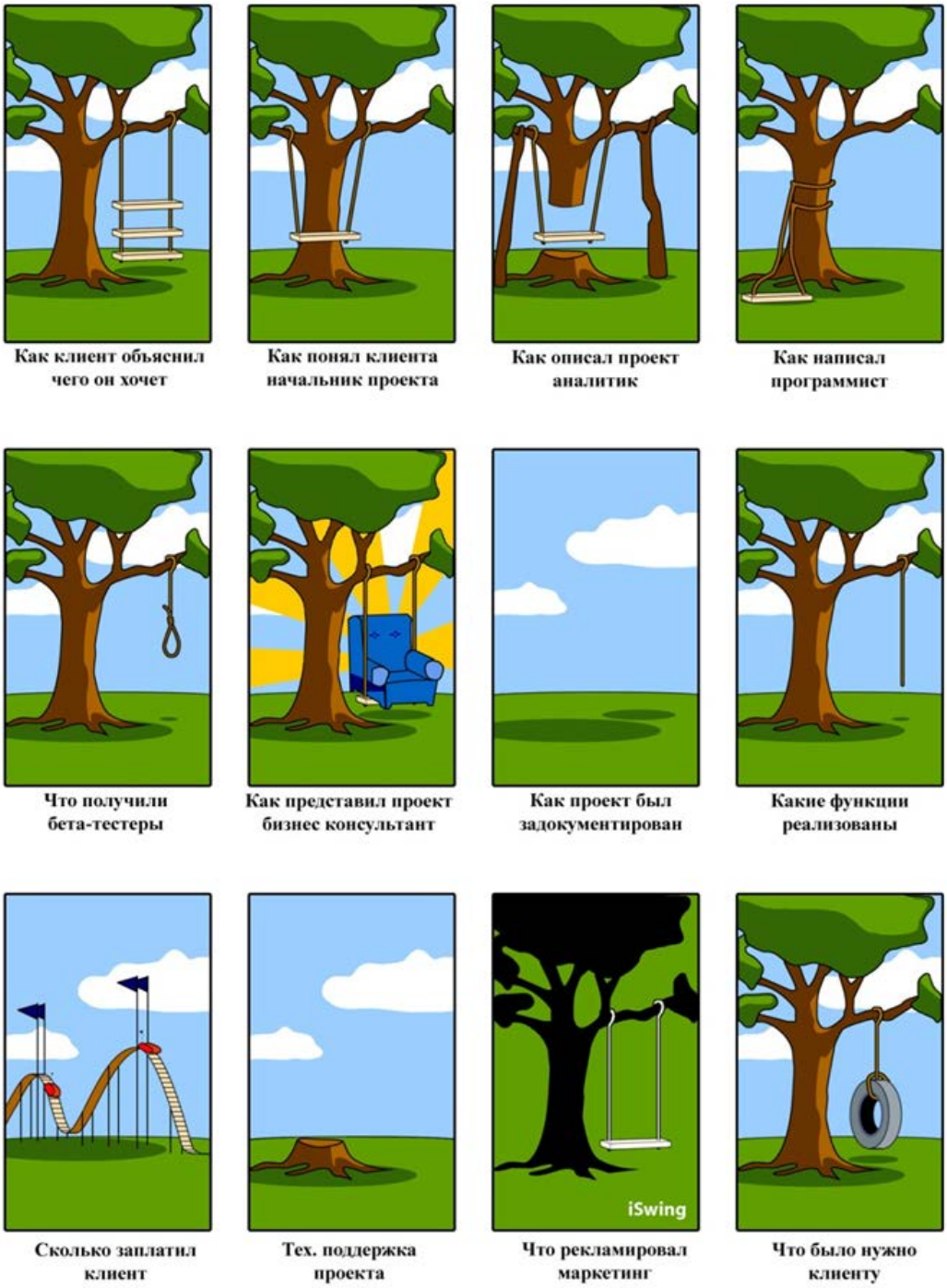


Рис. 3 . Структура междисциплинарных связей.

ЛЕКЦИЯ 3. ПОДХОДЫ СИСТЕМНОЙ ИНЖЕНЕРИИ

Теоретически, человек может начать создавать требуемую ему систему в натуральную величину, непосредственно в металле и камне, методом проб и ошибок. Для больших систем это происходит крайне редко (говорят, так строил великий архитектор Гауди). В основном люди начинают работать с описаниями системы (текстами, чертежами, макетами, симуляторами) и даже после создания самой системы (построенного дома, корабля, АЭС) работа с описаниями занимает у них существенное время. Поэтому особое внимание мы посвятим разным способам описания, для чего введем некоторые строгие определения для вольно использующихся в этой сфере слов, постаравшись обеспечить их соответствие терминологии, используемой в международных стандартах.



Системный подход – предписывает видеть в мире *системы*, их *границы*, *назначение*, *элементы*, их *связи*, *стейкхолдеров*, их *интересы* и т.д., и описывать мир с использованием именно этих терминов.

Архитектурный подход - подход к получению множества архитектурных описаний системы, отвечающих всем известным интересам всех известных стейкхолдеров.

Деятельностный подход – подход, в котором интересы стейкхолдеров и методы описания (онтологии и нотации описания) требуют рассмотрения и описания деятельности акторов, осуществляемой над/с целевой системой.

Процессный подход – деятельностный подход, методы (онтология и нотация описания) которого требуют обязательного рассмотрения и описания деятельностей, осуществляемых над/с целевой системой, именно как процессов, то есть с рассмотрением и описанием связанных элементов деятельности (практик), соединённых определёнными связями.

Проектный подход – деятельностный подход, методы (онтология и нотация описания) которого требуют обязательного рассмотрения и описания деятельностей, осуществляемых над/с целевой системой, именно как проектов, то есть с рассмотрением и описанием достижимой цели, ограничений по ресурсам и времени.

Подход жизненного цикла

Жизненный цикл системы представляет собой эволюцию (прогресс, развитие) системы через смену ее состояний от первичного замысла до прекращения её существования. Использование этого понятия (усмотрение в системе эволюции через набор состояний от замысла до забвения) означает применение к системе *подхода жизненного цикла (подхода с точки зрения жизненного цикла, жизненноциклового подхода).*

Подход жизненного цикла – *подход, методы (онтология и нотация описания) которого требуют при рассмотрении и описании системы рассматривать и описывать её как проходящую во времени через ряд состояний, от появления первичного замысла и до прекращения существования, и принимать любые решения по поводу изменения системы с учётом их последствий на протяжении всего времени её существования.*

Основные этапы жизненного цикла системы:

1. Определение цели или описание проблем (л/р №2).
2. Разработка требований и критериев (л/р №3).
3. Синтез системных решений (л/р №4).
4. Анализ системных решений (л/р №5). Валидация проектных решений
5. Выбор системы (л/р №6).
6. Реализация системы (л/р №7).

Рис. 2-2: V-модель процесса системной инженерии.

Перемещаясь по V-модели слева направо, вы реализуете процесс системной инженерии в виде серии следующих шагов:

✓ Концепция использования (ConOps): Определите и задокументируйте потребности основных заинтересованных сторон, общие возможности системы, роли и обязанности, а также измеряемые показатели эффективности, которым система должна соответствовать при ее валидации по окончании проекта.

✓ Характеристики системы: Разработайте набор поддающихся проверке системных требований, которые отвечают нуждам заинтересованных сторон, определенным на стадии разработки и принятия концепции использования системы.

✓ Высокоуровневое проектирование: Разработайте высокоуровневую архитектуру, которая удовлетворяет системным требованиями, обеспечивает обслуживание, возможную модернизацию, а также интеграцию с другими системами.

✓ Проектирование компонентов: Постепенно детализируйте системный дизайн, формируя такие требования к компонентам, которые позволят приобретать и использовать аппаратные средства, стоимость которых не будет выходить за рамки бюджета.

✓ Разработка программного обеспечения / аппаратных средств: Выбирайте и закупайте соответствующие технологии. Разрабатывайте программное обеспечения и аппаратные средства, чтобы соответствовать детализированным спецификациям вашего дизайна.

✓ Тестирование модулей/устройств: Тестируйте реализацию каждого аппаратного компонента вашего изделия, верифицируя его функциональность на соответствие требованиям этого уровня.

✓ Тестирование подсистем: Интегрируйте аппаратные и программные компоненты в подсистемы. Тестируйте и верифицируйте соответствие каждой подсистемы высокоуровневым требованиям.

✓ Тестирование системы: Интегрируйте подсистемы и тестируйте всю систему целиком на предмет ее соответствия системным требованиям. Верифицируйте, все ли интерфейсы были корректно реализованы и все ли требования и ограничения были соблюдены.

✓ Приемочные испытания: Валидируйте соответствие системы поставленным требованиям и ее эффективность в достижении запланированных целей. На протяжении всего процесса системной инженерии вы разрабатываете и совершенствуете системную документацию. На каждом шаге в левой части V-модели (см. рис. 2-2) вы создаете требования, формирующие и определяющие следующий шаг, а также план верификации реализации текущего уровня декомпозиции.

Требования можно разбить на три категории (или класса):

✓ Исходные требования. Это такие требования, которые вы получаете от заказчиков или других заинтересованных сторон. Они могут быть пространными и общими, детализированными и специфическими, полными и фрагментированными, - в большинстве случаев, в них есть всего понемногу. Как принято говорить, “когда дело доходит до требований, заказчик не приемлет никаких правил – вы получаете то, что получаете”.

✓ Целевые или бизнес требования. Это требования, определяющие контекст, в котором система будет функционировать, — но не то, что именно она делает, а ее роль, которую она играет в глобальном окружении. Скажем, для проектируемого квадрокоптера это будет описание миссий, для которых он будет предназначаться. Для нового смартфона бизнес требования могут определять, каким образом он будет функционировать в инфраструктуре конкретного мобильного оператора.

✓ Системные/подсистемные требования. Эти требования определяют то, что система должна иметь возможность делать. Они берут свое начало на высоком системном уровне, затем анализируются и декомпозируются, чтобы образовать требования для подсистем уровнем ниже. Они могут выражаться в простых формах (“система должна...”), либо изображаться в виде моделей и диаграмм.