

# Подход системной инженерии к управлению жизненными циклами объектов использования атомной энергии



26 марта 2009 г.

# Системная инженерия – основа стандартизации в атомной отрасли

- Приказ о подготовке к внедрению в организациях Госкорпорации «Росатом» международных стандартов ISO/IEC 15288:2008 и ISO 15926 от 26.12.2008 № 710
- Приказ о мерах по формированию системы нормативного обеспечения единства управления жизненным циклом объектов атомных технологий от 10.03.2009 № 129

# Подход системной инженерии к управлению жизненным циклом

Системная инженерия – это гармонизация *подходов*:

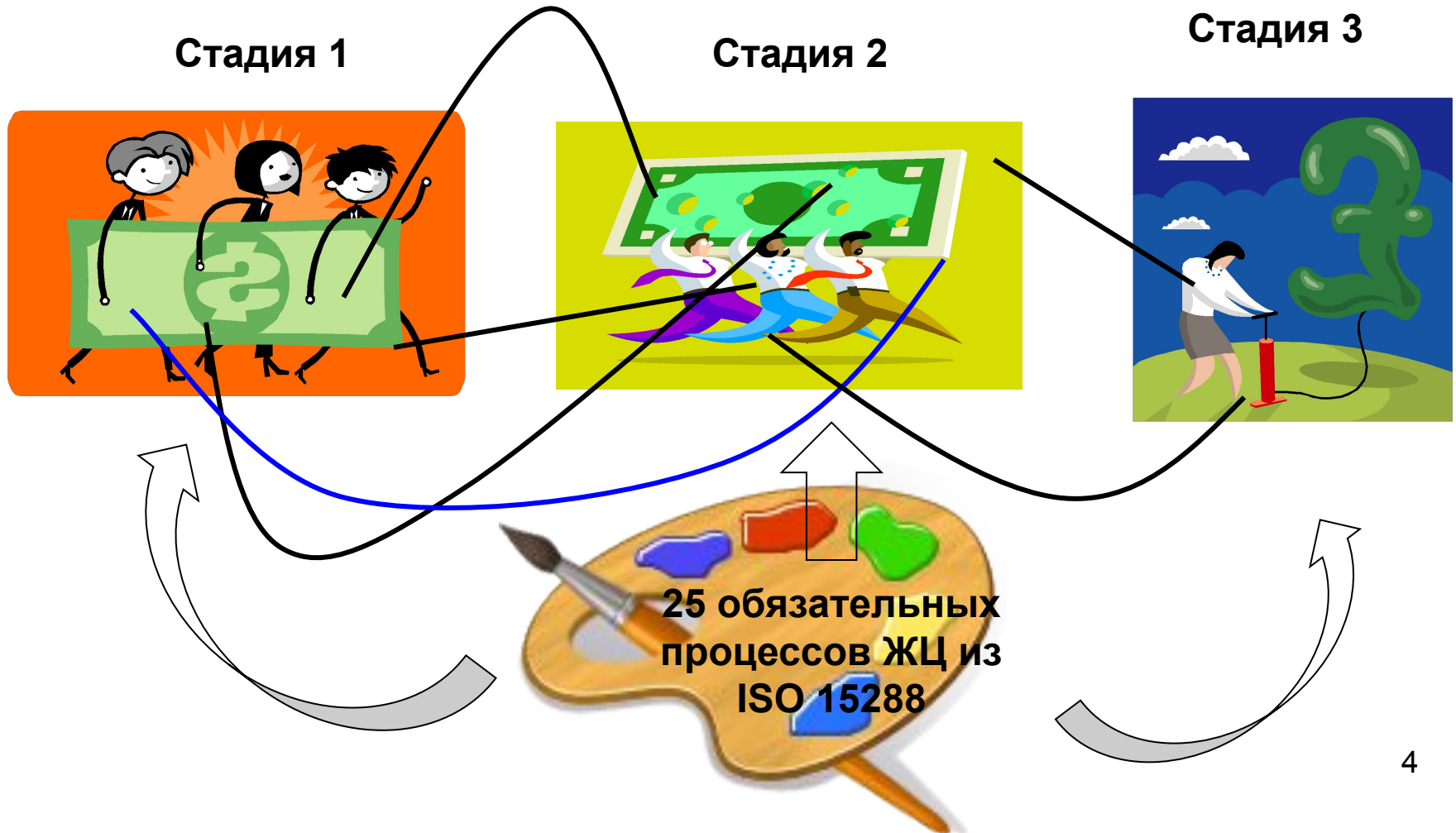
- системного (назначение, границы и элементы системы)
- процессного (деятельность и акторы)
- архитектурного (методы описания и их группировка)
- жизненного цикла (4D-эволюция системы)
- оценки зрелости процессов (стадии ЖЦ процесса)
- оценки специальных свойств системы (процессные выписки)

# Система – Жизненный цикл – Процессы ЖЦ

«Управление ЖЦ X» =  $\sum$  процессов «Управление Стадией N ЖЦ X»

«Управление Стадией N ЖЦ X» =  $\sum$  «процессов ЖЦ» стадии N ЖЦ X

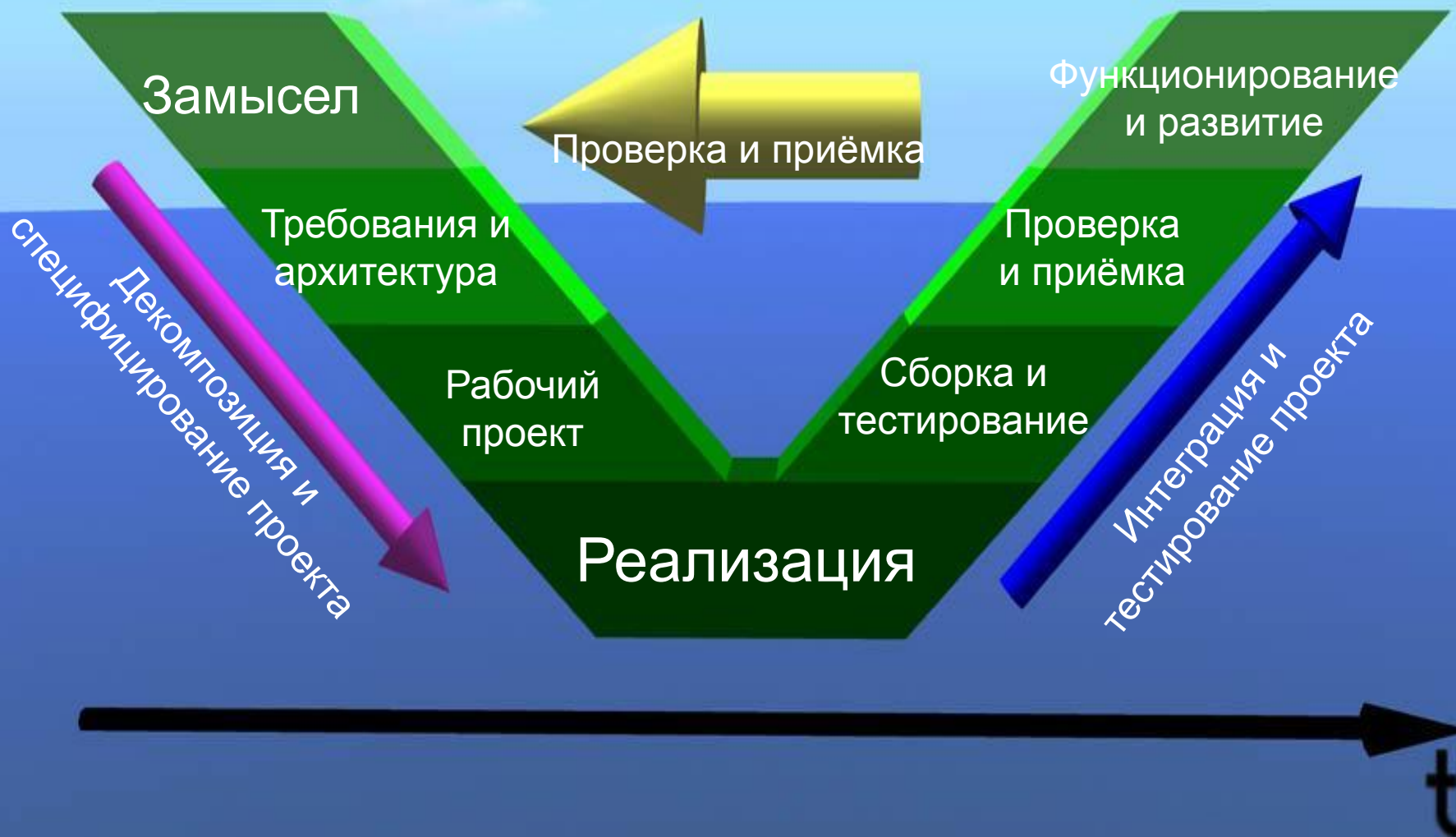
## Управление ЖЦ X



# Выбор систем



# V – модель жизненного цикла



# Синхронизация и доказательства

«Гейтовый принцип»: принятие решений при переходе к очередной стадии жизненного цикла

- При переходе к очередной стадии жизненного цикла происходит *синхронизация* всех уровней описаний системы и *доказательство* приемлемости рисков проекта (прежде всего – доказательство того, что все текущие описания системы удовлетворяют требованиям стейкхолдеров)
- Синхронизация обеспечивается внесением необходимых уточнений в описания системы всех уровней с соблюдением правил *учёта изменений состава системы* (управление конфигурацией)
- Доказательство приемлемости рисков для перехода от *стадии конструирования модификации типового ядерного острова* к её использованию на *стадии проектирования ЖЦ блока* состоит в *выполнении поверочного расчёта*

# 25 обязательных процессов системной инженерии ISO 15288:2008

## Обеспечения проектов

- управление описанием жизненного цикла
- управление инфраструктурой
- управление портфелем проектов (программой)
- управление персоналом
- управление качеством

## Проектные

- управление проектами
  - планирование проекта
  - управление выполнением и контроль проекта
- поддержка проектов
  - управление решениями
  - управление рисками
  - управление конфигурацией
  - управление информацией
  - измерения

**Контракции**  
Закупка  
Поставка

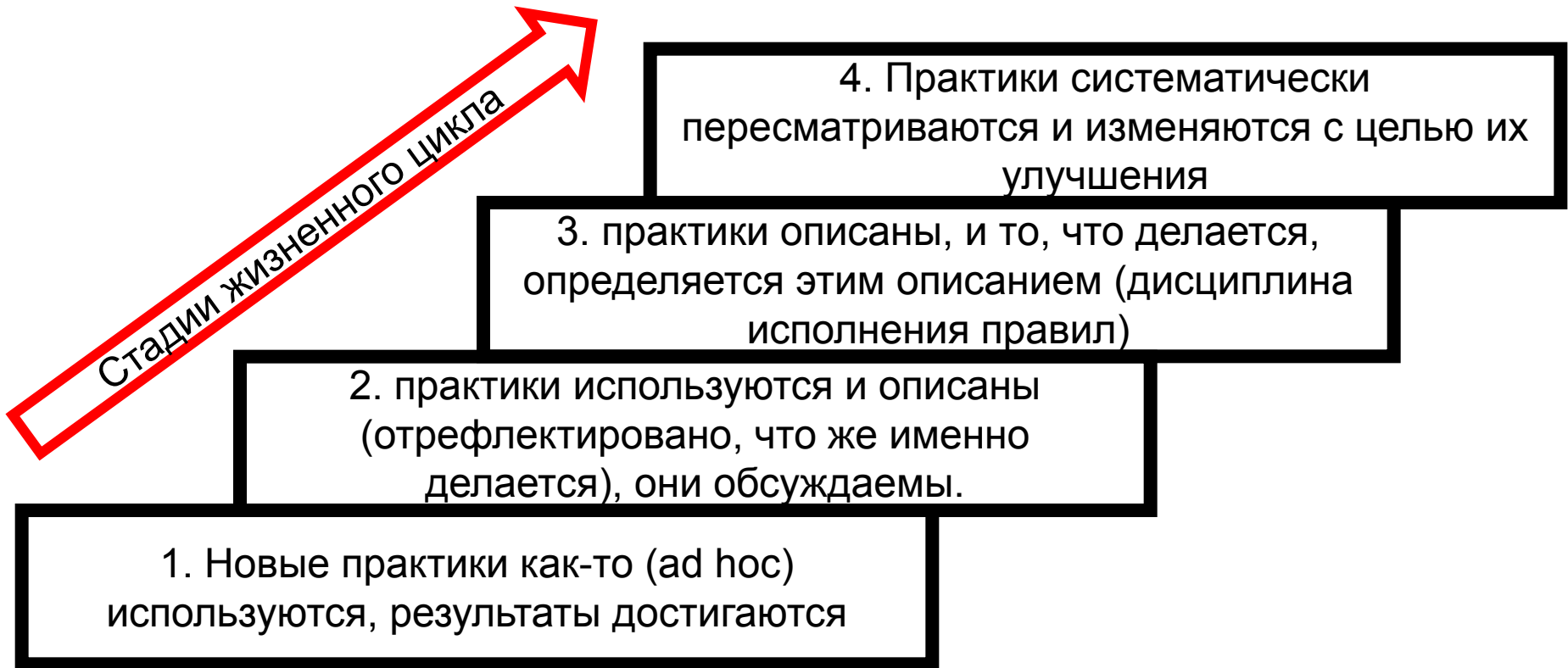
## Технические

- сбор требований
- анализ требований
- архитектурный дизайн
- изготовление
- интеграция
- проверка (Verification)
- переход к эксплуатации
- приёмка (Validation)
- эксплуатация
- обслуживание
- вывод из эксплуатации





# Жизненный цикл процесса: вверх по ступенькам зрелости



# Стандарты для системных инженеров

## • Системная инженерия

- ISO/IEC 15288:2008 Системная и программная инженерия – Процессы жизненного цикла систем.
- ISO/IEC 15289:2006 Системная и программная инженерия – содержание информационных продуктов (документации) системного или программного жизненного цикла
- ISO/IEC TR 19760:2003 Системная инженерия — руководство по применению ISO/IEC 15288 (процессы жизненного цикла систем)
- ISO/IEC TR 24774:2007 Программная и системная инженерия – управление жизненным циклом – руководство по описанию процессов
- ISO/IEC PDTR 24748 (проект) системная и программная инженерия – руководство по управлению жизненным циклом
- ISO/IEC 26702:2007 системная инженерия – применения и управление процессами системной инженерии
- ISO/IEC 42010:2007 системная и программная инженерия – рекомендованная практика архитектурного описания для систем, имеющих программное обеспечение

## • Управление информацией

- Интеграция данных: ISO 15926 «Системы промышленной автоматизации и интеграции – интеграция данных жизненного цикла для непрерывных производств, включая нефтяные и газовые производства»

## • Унаследованные стандарты (лучшие практики предметной области)

- МАГАТЭ
- ФНП, ГОСТ

# Основные идеи системной инженерии

- **Общий междисциплинарный язык** – как договариваться и передавать знания всем участникам проекта
- **Жизненный цикл** – как учесть последствия любых решений для всего периода жизни системы и исправлять ошибки на как можно более ранних стадиях
- **Моделецентричность** – как обеспечить накопление и использование всей информации о системе начиная с самых ранних стадий жизненного цикла

# Отраслевая концепция жизненного цикла

1. Использованный подход к управлению жизненным циклом (стандарты ISO 15288:2008)
2. Выбор систем и стадий жизненного цикла:
  - Опорные описания систем, их ЖЦ, стейкхолдеров и их интересов
  - Опорные описания процессов «управления жизненным циклом»
  - Принципиальные описания процессов «управление жизненным циклом»
  - Необходимые специальные группы описаний (безопасность, надежность и т.д.)
3. Выбор технологий для основных процессов ЖЦ:
  - Управление описанием жизненного цикла
  - Управление инфраструктурой
  - Управление персоналом
  - Управление информацией
  - Управление проектами
4. Оценка результатов управления жизненным циклом (ссылка на стандарт).

# Примеры подхода системной инженерии к системам атомной отрасли

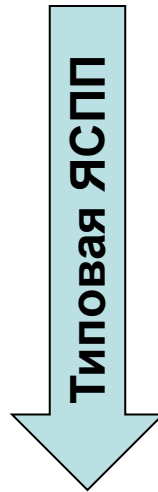
## Выбор систем

## Выбор жизненных циклов

- По результатам **междисциплинарных** бесед с отраслевыми специалистами
- Затравка для **обсуждений**
- Первый шаг на пути создания **общего языка** (онтология, терминология, нотация)

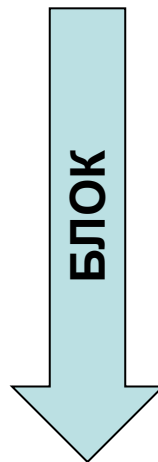
# Обобщенный жизненный цикл объекта использования атомной энергии

ЯСПП = Ядерный остров  
+ топливо  
ЯО = РУ + системы  
безопасности + СКУ-РУ +  
система перегрузки  
топлива + гермозона



- Идея (теоретическая физика)
- Эксперименты (стенд)
- Расчёт
- Конструирование
  - Доказательство – лицензирование  
типовой ЯСПП

Блок = ЯСПП +  
Турбинный остров +  
Блочные сооружения  
+АСУ ТП



- Проектирование
  - Доказательство – получение разрешения  
на сооружение
- Строительство
- Эксплуатация
- Вывод из эксплуатации

# Жизненные циклы систем расчетного обоснования

## Целевые системы

- **Стенды** – замысел, конструирование, эксперименты
- **Экспериментальные данные** – замысел, эксперименты, учет результатов, доступ к результатам
- **Физика (модели)** – замысел, калибровка
- **Код расчетного обоснования** – замысел, программирование/закупка, калибровка, сертификация, интеграция в инфраструктуру, исполнение
- **Расчетный «движок»** -- замысел, программирование, закупка, пополнение библиотеками, расчет
- **Нодализация схема** для конкретного расчета и ее данные – составление, расчет
- **Интегральная среда моделирования, «workbench»** (workflow и учет изменений состояния расчетов) – замысел, программирование/закупка, интеграция с САПР, пополнение расчетными движками и библиотеками, пополнение данными, пополнение нодализационными схемами, учет результатов расчета, расчет
- **Оптимизированное конструкторское решение** (результат конструкторского расчета) – замысел, расчет, оформление, использование (=принятие конструкторского решения в ЖЦ *дизайна*)
- **Доказательство** (результат поверочного расчета) – замысел, расчет, оформление, рассмотрение (review), утверждение

## Обеспечивающие системы

- Требования к расчетным обоснованиям (ФНП, МАГАТЭ и т.д.)
- IT-инфраструктура

## Системы в операционном окружении

- САПРы
- АСУ ТП

# Уровни описаний типового ядерного острова

ФИЗИКА

Ядерный распад

Ядерный синтез

ПЛАТФОРМА

Тепловые

легководные  
реакторы

Реакторы  
на быстрых  
нейтронах

ВГТР

МГТР

Токамак  
и

Инерциальные

ТЕХНОЛОГИЯ

ВК

РБМК

ВВЭР

ВБЭР

ITER

DEMO-C

КОНФИГУРАЦИЯ

В440

ВВЭР-100  
0

АЭС-200  
6

Судовые

ВБЭР-30  
0

МОДИФИКАЦИЯ

187

392Б

...

418  
(Тяньвань)

491

392  
М



# Уровни описания для стадий жизненного цикла типового ядерного острова

**Физика** : «ядерный распад», «ядерный синтез»

**Платформа** (для физики «*ядерный распад*»: тепловые легководные реакторы, реакторы на быстрых нейтронах, ВТГР, МГТР; для физики «*ядерный синтез*»: «Токамак») – дана в виде расчетных обоснований и баз данных материалов.  
Стадия ЖЦ: **исследования**

**Технология** (для платформы «*тепловые легководные*»: «кипящие» (РБМК), «под давлением» (ВВЭР)) - дана в виде набора *конструктивных* требований и эскизных технических решений (учебники).  
Стадия ЖЦ: **конструкторский замысел**

**Конфигурация** (для технологии *ВВЭР*: В440, ВВЭР-1000, АЭС-2006, ВВЭР-1500; для технологии *ВБЭР*: судовые, ВБЭР-300) – дана в виде набора *функциональных* (производительности, безопасности) требований и *доказанных* конфигурационных решений - 2000 страниц текста, **НЕ ПРОЕКТ!**  
Стадия ЖЦ: **конструирование конфигурации (конфигурирование)**

**Модификация** (для конфигурации ВВЭР-1000: 187, 392Б, ... 418. Для конфигурации АЭС-2006: 491, 392М) - дана в виде *доказанных* типовых проектных решений (уровень ТЭО, «проект-прототип»). **НЕ ПРОЕКТ БЛОКА!**  
**Номер модификации относится не к РУ, а к ЯСПП в целом – но это сегодня не отражается в документации!**  
Стадия ЖЦ: **конструирование модификации (модифицирование)**

# Жизненный цикл блока АЭС

Блок *конкретен* (не бывает «типового блока» – бывает «типовая» ЯСПП)

Проект блока привязывается к местности и инфраструктуре конкретной станции

Проект блока невозможно «перештамповать», его нужно *проектировать*

Проектирование блока может быть сокращено во времени за счет использования выбранных в ходе жизненного цикла блока модификации типового турбинного острова и лицензированной модификации типовой ЯСПП.

Жизненный цикл блока:

- ОБИН (включает выбор площадки, модификаций типового ядерного острова, типового турбинного острова)
- Проектирование (ТЭО)
- Рабочее проектирование (детальные чертежи)
- Закупки и поставки
- Строительство
- Эксплуатация
- Модернизация
- Вывод из эксплуатации

} соответствует стадии «использование» ЖЦ типовых ядерного острова и турбинного острова.

# Системная инженерия: это выгодно

Уменьшение затрат за счет  
исключения переделок

(данные INCOSE)

Стадия обнаружения ошибки	Стоимость исправления
Требования	x1 (единица отсчета)
Проектирование	x5
Строительство	x12
Проверки	x40
Функционирование	x250

Предотвращение роста  
затрат при росте  
сложности проектов

(данные Boehm, Valerdi, Honour)

Размер проекта	Возможный рост затрат проекта	Оптимальные затраты на СИ
Мелкие	18%	5%
Средние	38%	20%
Крупные	63%	33%
Очень крупные	92%	37%

# Видение будущего в консорциуме FIAT-ESN

## Идеологи? Лидеры? Конкуренты?



# Спасибо за внимание

Виктор Агроскин  
[vic5784@gmail.com](mailto:vic5784@gmail.com)

Анатолий Левенчук  
<http://ailev.ru>  
[ailev@asmp.msk.su](mailto:ailev@asmp.msk.su)

TechInvestLab.ru  
+7 (495) 748-5388

Дополнительные материалы:  
<http://www.praxos.ru>