

**Управление стоимостью жизненного
цикла проекта и продукта
в ракетно-космической промышленности**

А.Б.Цветков

25.11.2017

Спикер



Цветков Андрей Борисович

Более 30 лет работы в ракетно - космической промышленности

Более 20 лет опыта проектного управления в рамках национальных и международных космических проектов

Сертифицированный профессионал по управлению деятельностью аэрокосмических компаний, включая проектное управление - MBA in Aerospace Management (TBS, Тулуза, Франция)

Кандидат технических наук

академик Российской академии космонавтики

Руководитель Центра инновационных программ и проектов Московского технологического университета

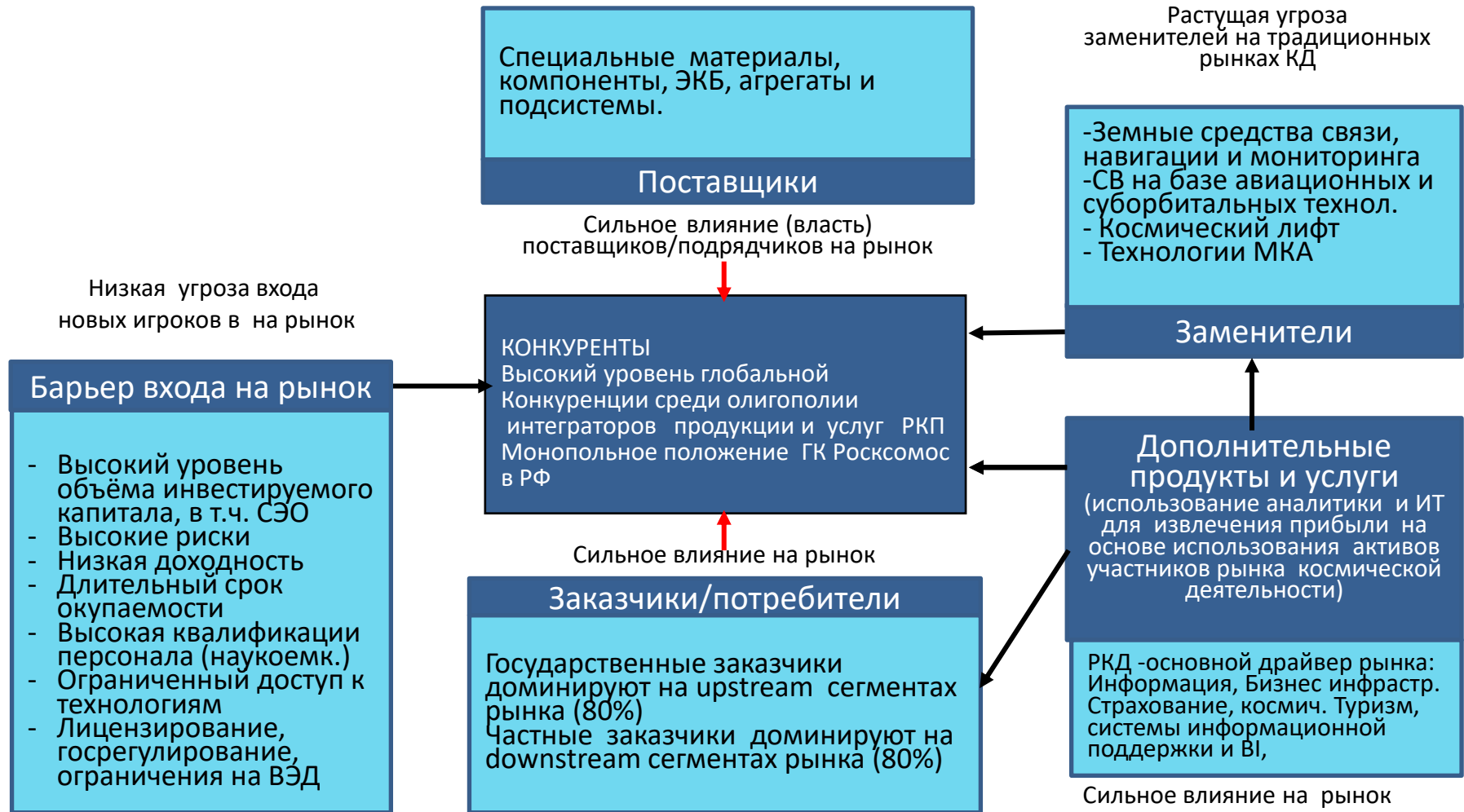
Президент Корпорации Софт Медиа Сервис

Вызовы, требующие с совершенствования системы управления стоимостью в РКП

- Снижение бюджетного финансирования космических программ
- Коммерциализация космической деятельности
- Прессинг глобального рынка РКТ
- Непрерывные инновационные low cost решения (платформы, модульность , МКА, АП, МКТС)
- Ограничения доступа к рынку технологий и глобальной производственной кооперации
- Реформирование РКП и реорганизация системы управления
- Повышение рентабельности и эффективности хозяйственной деятельности
- Повышение качества и снижение рисков
- Повышение производительности труда
- Ограничение бюджетного финансирования и сокращение штатов при интенсификация труда
- Международное сотрудничество
- Расширение кооперации со смежными отраслями
- Привлечение внебюджетных источников финансирования (коммерциализация)
- Тотальная дигитализация космической деятельности
- Внедрение технологии проектного управления и принципов «бережливого производства»
- Развитие новых моделей работы с заказчиком, включая взаимодействие с ним как на этапе эксплуатации, так и в процессе разработки

Совершенствование системы управления стоимостью и модернизация системы ценообразования на продукцию РКП в числе стратегических приоритетов ГК Роскосмос, нацеленных на повышение конкурентоспособности РКТ и обеспечение инвестиционной привлекательности компаний Корпорации и выполняемых ими проектов

Конкурентная среда космического рынка (модель Портера)



Управление стоимостью - ключевой фактор управления инвестиционной привлекательности космических компаний и проектов

Динамика мирового космического рынка

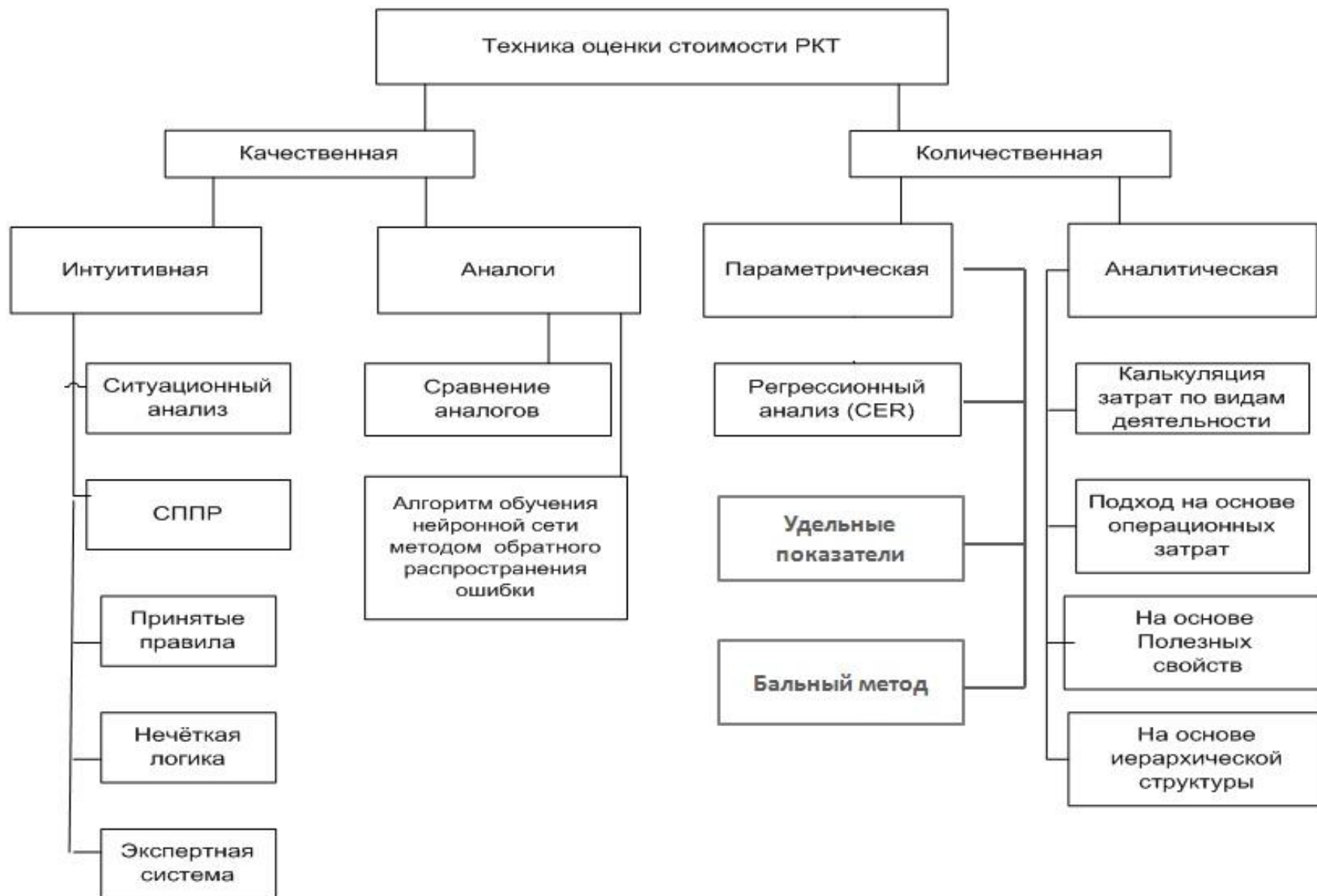
Укрепление конкурентных позиций на глобальном космическом рынке зависит конкурентоспособности (цена/качество) космической инфраструктуры (РН, КА, НО)



Основная сфера деятельности ракетно-космической промышленности – слабая динамика

Методология управления стоимостью в ракетно-космической промышленности

Техника оценки стоимости ЖЦ продукта



Эволюция экономических принципов проектирования РКТ

Период эволюции	Принцип проектирования	Прогнозная цена ЖЦ проекта
Космическая гонка (50-80-е)	Проектирование под заданные технические параметры при минимуме массы РКТ (Conventional Development)	Цена , практически, не имеет значения
Начало коммерциализации космической деятельности (80-90-е)	Проектирование под заданную стоимость ЖЦ, итерации технических решений (Design -to -cost)	Жёсткое поддержание заданного бюджета проекта, контроль основных факторов цены (cost drivers)
Развитие коммерциализации КД, глобальная конкуренция (90-е – 2010)	Выбор концепции системы решающей целевую задачу при минимальной цене ЖЦ (Cost Engineering)	Минимизация цены является критерием принятия каждого технического решения проекта
Зрелая коммерциализация Частные инвестиции во все виды РКТ (2010 – н.вр.)	Conventional development Design-to –cost Cost engineering } 2.0	Цена определяется с высокой точностью в информационной модели проекта созданной на основе PLM 2.0 платформы

Основные методы оценки стоимости ЖЦ космических систем

Детальная оценка стоимости всех работ и материалов на основе глубокого детального знания их перечня и сути.

Применяется на этапе производства при наличии детальной документации по работам

Постатейная
калькуляция
затрат
(Bottom-up)

Метод
аналогий
(Analog)

Похожие по характеристикам продукты похожи по стоимости (применяется для оценок на самых ранних стадиях проекта)

Параметрический
метод
(Parametric)

Разработка CER - на основе статистических данных $Cost=f$ (базовые параметры- вес, размеры, тяга ...)

Применяется для оценок на ранних/системных стадиях проекта
(RAND Corporation, 1950)

Расчёт стоимости наукоёмких проектов создания уникальных изделий требует сложных методик ценообразования. Метод калькуляции является неточным в силу неопределённости и рисков проектов.

В РКП РФ доминирует **постатейная калькуляция к оценке стоимости проектов т.е. затратный подход**):

- плановая себестоимость формируется исходя из заданной цены госконтракта
- фактическая себестоимость подгоняется под согласованную структуру цены

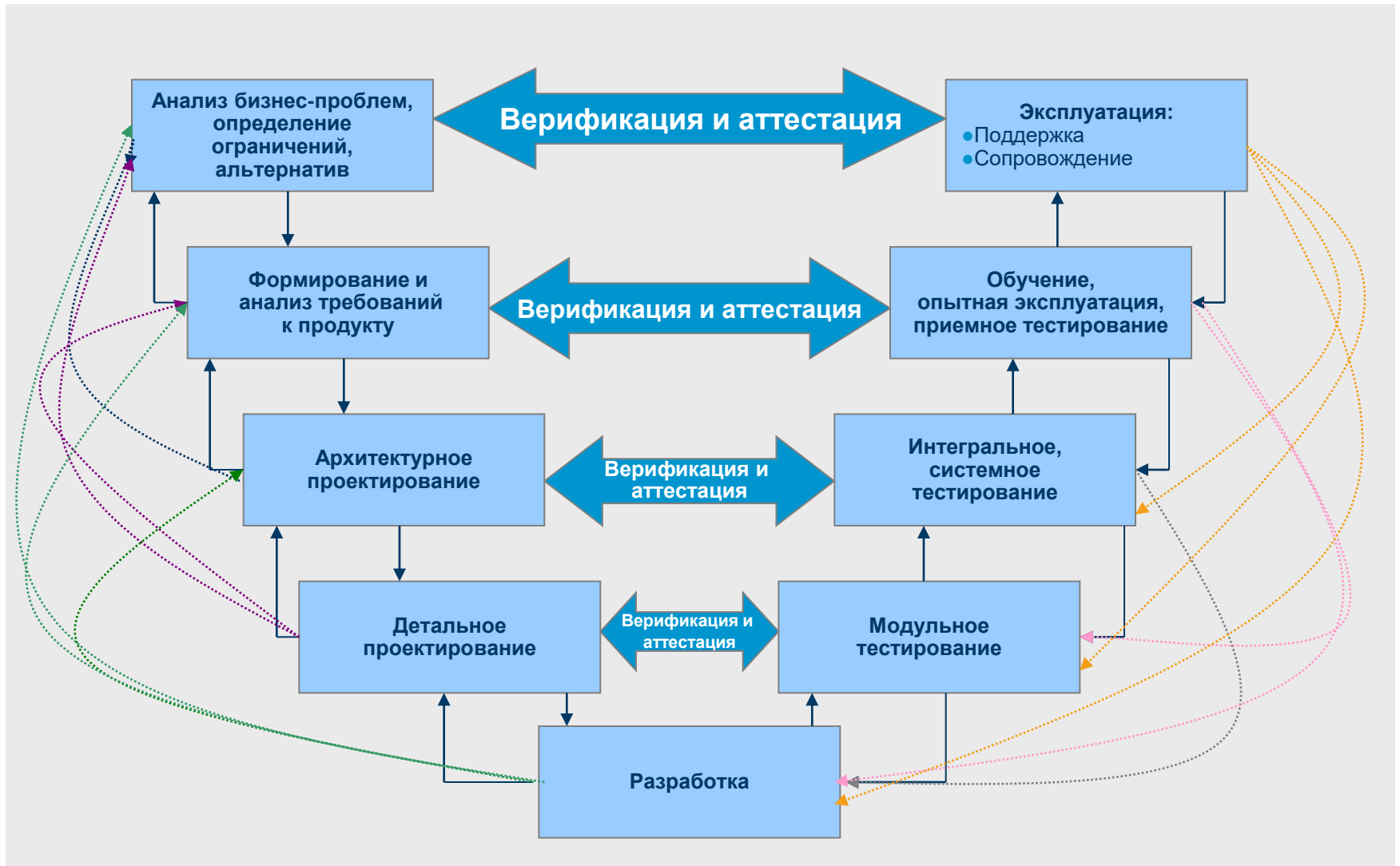
Такой подход не стимулирует рост производительности и снижение затрат в проекте, а стоимость затрат далека от реально потребных объёмов финансирования.

Сравнение применимости разных методов оценки стоимости

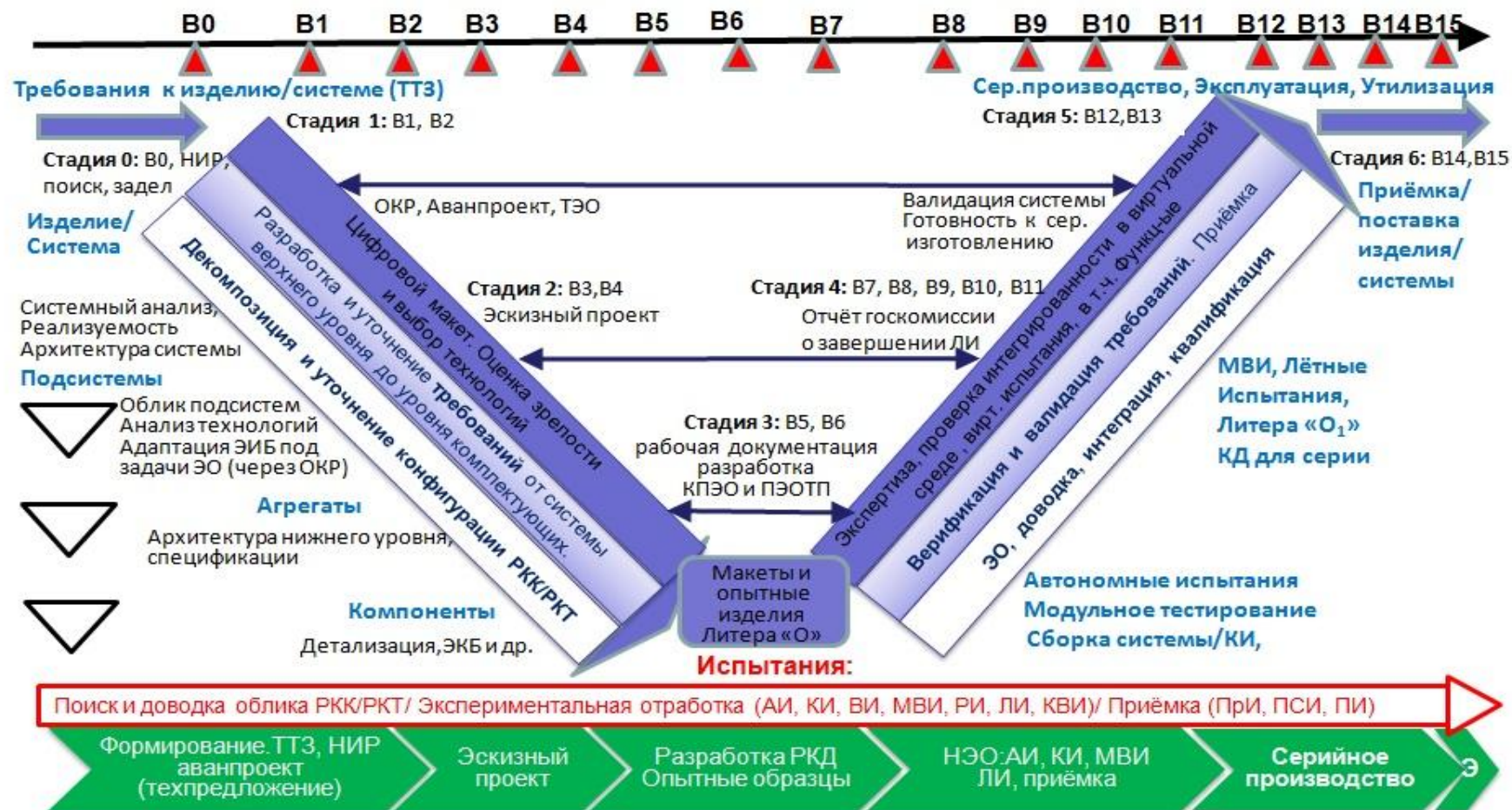
Параметр сравнения	Аналогия	Параметризация	Смета
Фаза применения	Концепция, предварительный анализ реализуемости на нач.фазе работ	Аванпроект, ТЭО	Рабочий проект, производство, эксплуатация
Механизм	Прямое сравнение с аналогом, экстраполяция (интерполяция) по ключевым параметрам (масса, TRL, размер, сложность, условия экспл....)	База глобальных данных (PRICE H, Transcost ...) по основным характеристикам проектов/продуктов	Детальная структура работ, наличие точных исходных данных по каждой задаче (техпараметры, трудоёмкость)
Точность	20-30%	10-20%	5-10%
За	Быстрая оценка, хорошая точность	Быстрая оценка при сравнении вариантов	Хорошая точность для всех задач, источник данных для статистики
Против	Наличие опыта, требования к квалификации оценщика, сложность использования старых данных...	Чувствительность к технологическому прогрессу, время на калибровку модели, требования к квалификации	Долго, дорого, огромное число данных, контроль с глобальной БД

Немного об управлении жизненным циклом

V-образная модель жизненного цикла (общий вид)



V-модель жизненного цикла проекта в РКП



Контрольные точки (вехи): V0—утверждение ТТЗ; V1- ТЭО реализуемости; V2-конкурсный отбор техпредложений, определение кооперации; V3-разработка эскизного проекта, выбор поставщиков; V4—экспертиза ЭП, оценка выполнимости ТТХ; V5-защита ЭП, подготовка контракта на ОКР V6- оценка готовности к НЭО; V7- оценка результатов АИ и готовности к КИ; V8-оценка результатов КИ и готовности к МВИ; V9-оценка результатов МВИ и готовности к ЛИ; V10-оценка ЛИ и готовности к ЗИ; V11-оценка ЗИ; V12-оценка готовности к производству; V13 - решение о вводе в экпл. V14 – решение о порядке завершении эксплуатации и использовании НТ задела; V15- завершении эксплуатации.

Современная технология создания РКТ - переход от отдельного проектирования и обмена документами/КД к безбумажной технологии обмена имитационными моделями по всей цепочке соисполнителей и поставщиков

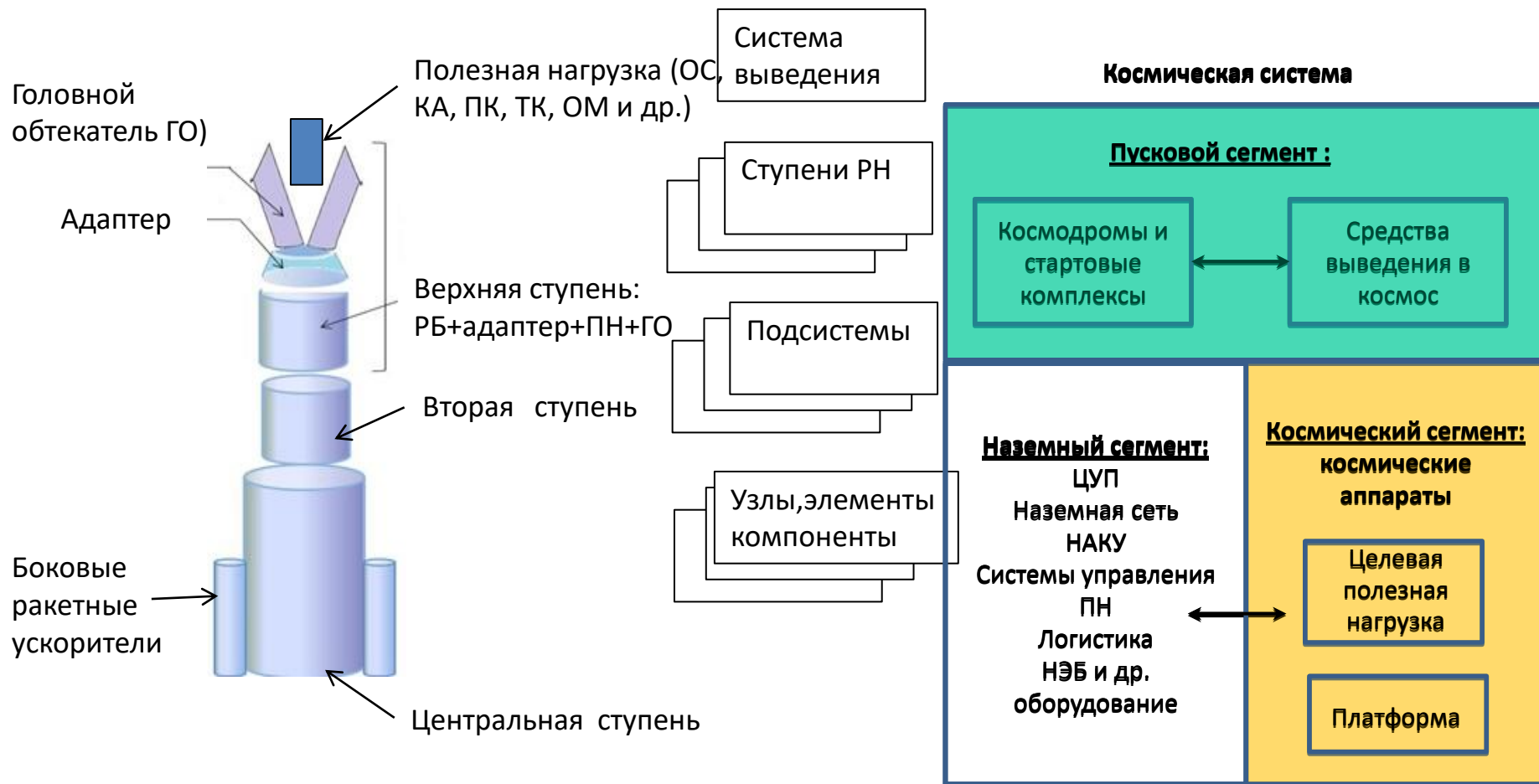
Эффективность проектирования на основе имитационного моделирования



- Автоматический контроль выполнения требований и целостности проекта
- Разделение рисков с поставщиками систем на основе обоснованных требований
- Новые проектные решения на базе многодисциплинарных и многокритериальных оптимизационных задач
- Концептуальный анализ альтернативных вариантов

Ключевым изменением от внедрения подхода является то, что каждый этап разработки заканчивается передачей поставщиками систем имитационных моделей головному разработчику для интеграции в состав изделия и анализа целостности проекта

Космическая система и её декомпозиция



Оценка затрат и бюджет проекта

Целью оценки затрат является получение предварительного расчета расходов, необходимых для завершения каждой операции проекта и проекта в целом.

Затраты могут быть выражены как человеко-часы или количество часов работы оборудования, либо же представлены в денежном выражении.

Также должны быть предусмотрены резервы на случай реализации рисков или возникновения непредвиденных расходов.

Составление бюджета, как правило, соответствует проведенной ранее оценке стоимости проекта.

Оценка стоимости позволяет получить общую стоимость проекта, процесс бюджетирования определяет когда и на что будут израсходованы средства, способы управления исполнением.

Применение методов оценки стоимости РКТ

- По нормативам (снизу-вверх) - по ходу проекта/калькуляция

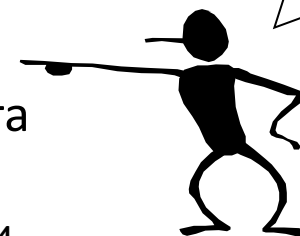
Оценка
Снизу-Вверх



- По аналогам (сверху-вниз) – для ранней фазы проекта

Оценка
Сверху-Вниз

- Рыночная (на основе организации тендеров) – на этапе выбора поставщиков и субподрядчиков



- Параметрические модели – на системной фазе проекта
 - PRICE-H - стоимость разработки и производства
 - TRANSIM - стоимость разработки, производства, эксплуатации
 - TREANSCOST - стоимость разработки, производства, эксплуатации, межполётного обслуживания и восстановления многоразовых космических систем и элементов

Подход «Сверху-вниз» к получению стоимостных оценок

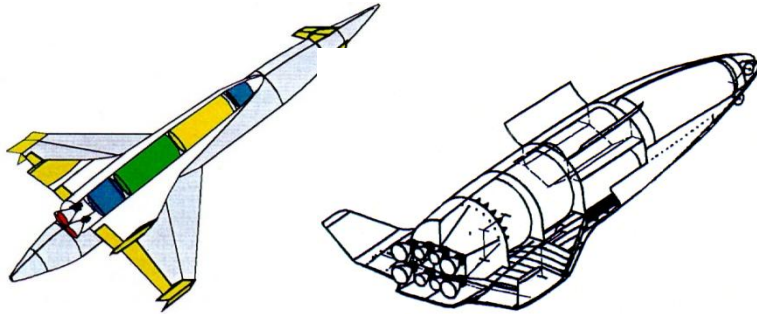
- Грубая оценка
 - Анализ сети работ проекта
 - Оценка основных затрат по крупным пакетам задач
- Примените измеряемую производительность
 - Часы / Число часов для пакета работ
 - Сделайте калибровку, используя исторические данные
- $\text{Стоимость} = \text{Объем работ} \times \text{на производительность}$

Проектирование под минимальную стоимость жизненного цикла (Cost Engineering)

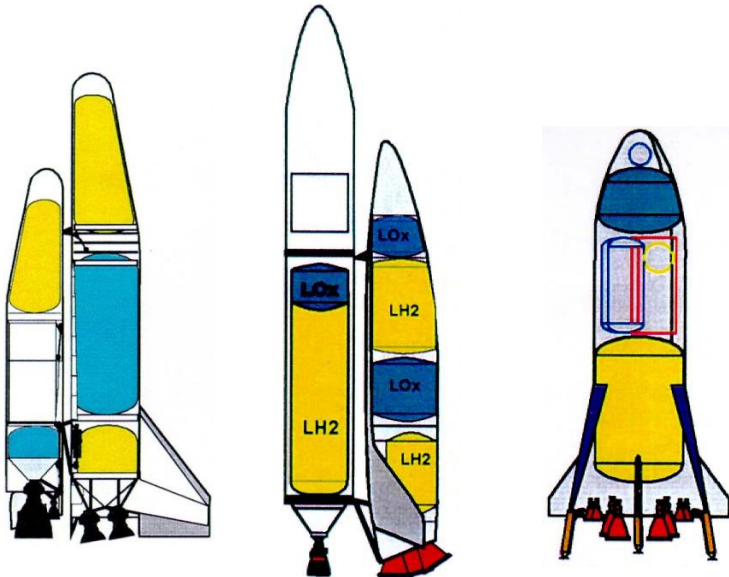
Опыт Европейского Космического Агентства

Кейс: проектирование многоразовой транспортной космической системы (FLPP) на основе методологии «Cost Engineering» с использованием системы TRANSCOST.

Кейс: проектирование многоразовой транспортной космической системы (FLPP) на принципах Cost Engineering



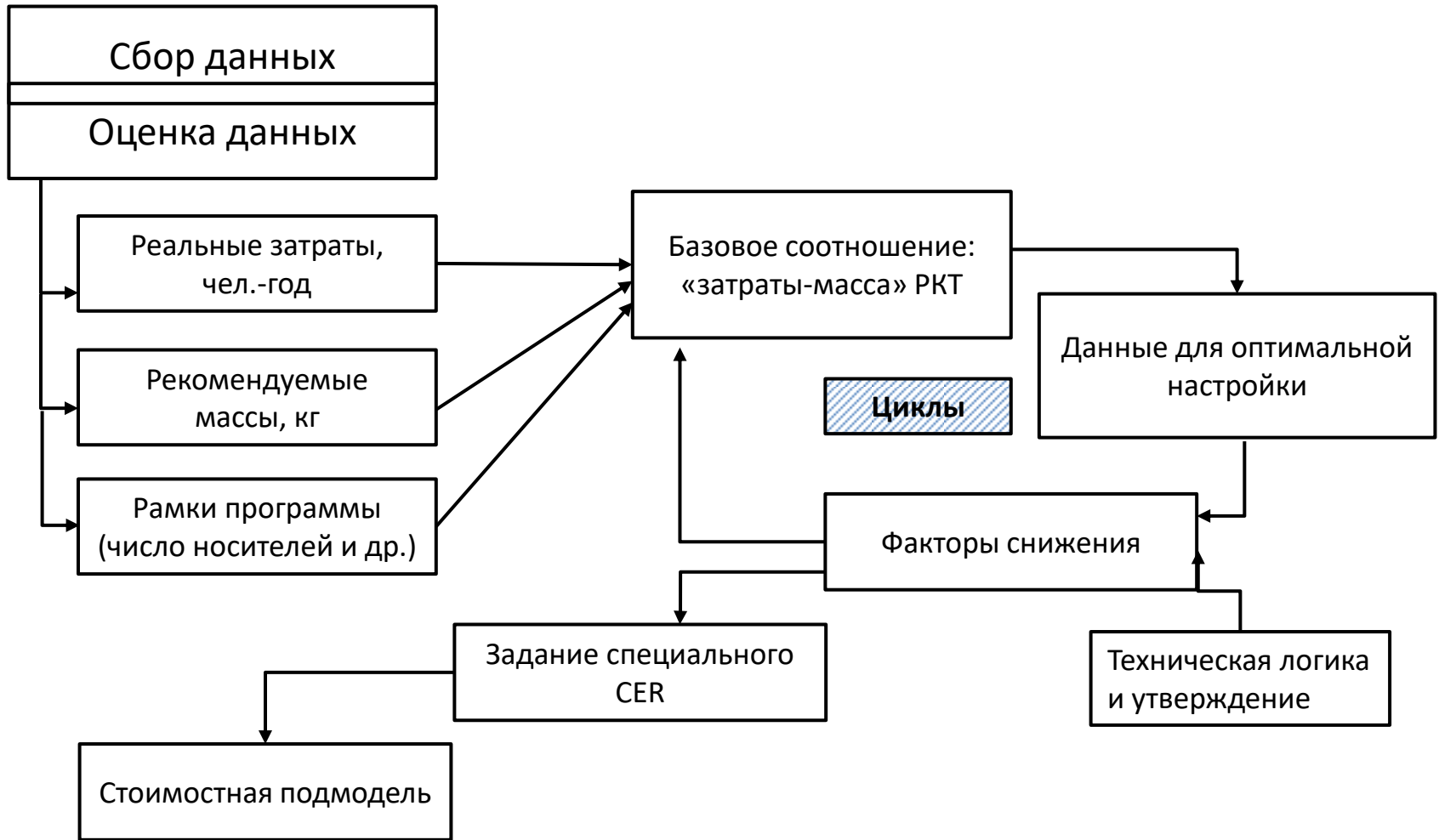
Фаза жизненного цикла	Средняя стоимость, млрд.USD
• Разработка	18,0
• Производство	22,0
• Эксплуатация	10,0
• Утилизация	0,185
Итого	50,185



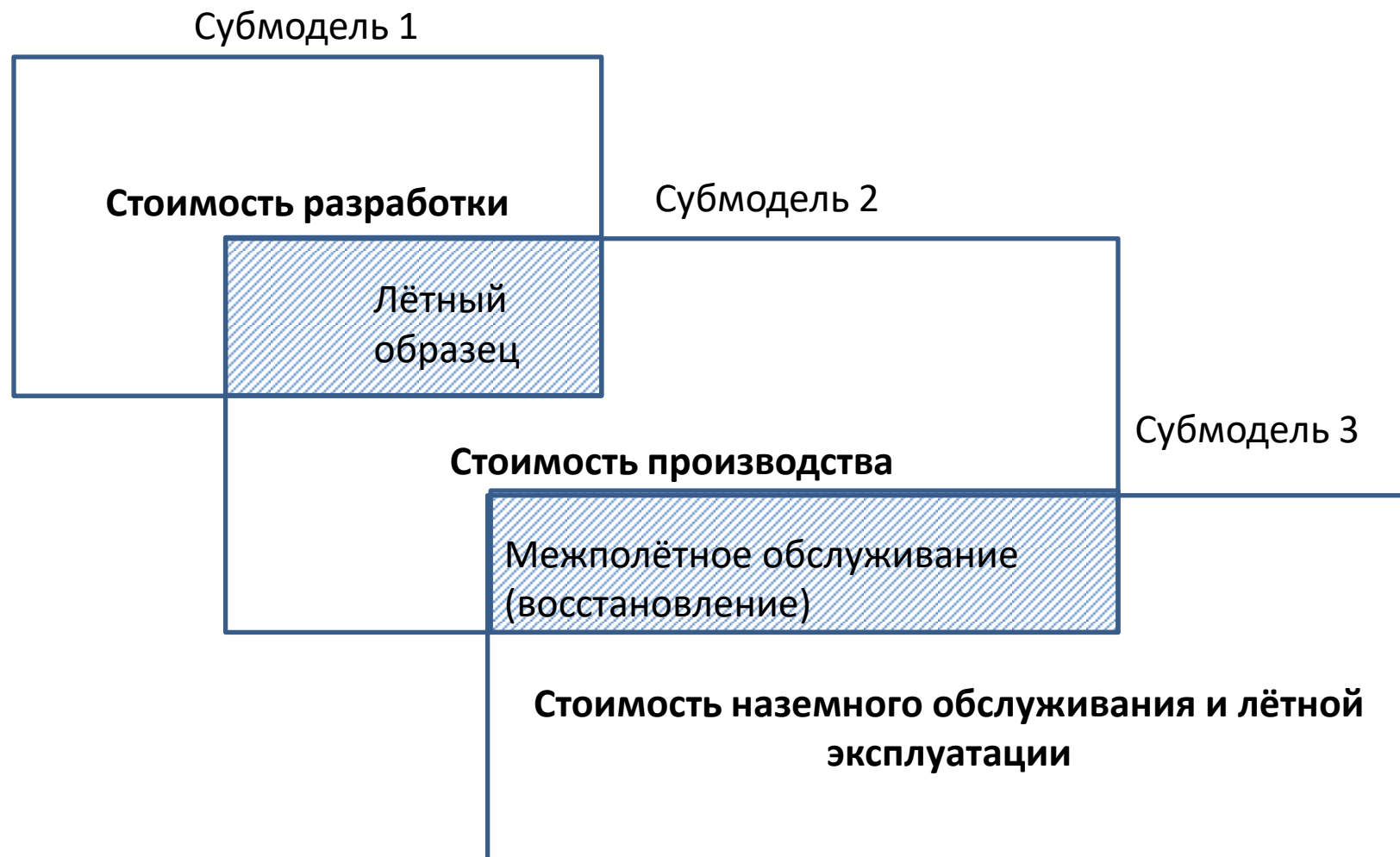
* Расчеты выполнены для следующих эксплуатационных условий:

Длительность эксплуатации (лет)	- 30
Норма запусков для корабля (в год)	- 12
Текущий размер флота	- 3
Общее колич. полетов	- 1080
Количество полетов за ЖЦ	- 120
Общее количество кораблей	- 9

Схема обработки данных по базовой модели TRANSCOST



Структура базовой модели TRANSCOST для МКТС



Базовая ф-ла разработки (CER) в зависимости от массы: $C = a \cdot M^x$

Оценка стоимости космических программ и проектов на основе параметрических моделей

Основные разновидности параметрических моделей расчета стоимости жизненного цикла космических программ, систем, подсистем, их отдельных узлов и элементов на фазах разработки, изготовления и эксплуатации:

- PRICE-H (Parametric Revue of Information for Costing and Evaluation) – универсальная модель оценки стоимости носителей, КА, оборудования, приборов и др. на основе детального расчета стоимости компонентов (**«Bottom Up»**)
- UnSVC (Unmanned Space Vehicle Cost Model)-стоимость разработки б/п КА
- ACES – разработка бортового оборудования
- FAST- разработка стартовых комплексов
- SATCAV (Satellite LCC and Availability Model) – стоимость выведения КА
- SMARD (Spacecraft Modular Architecture Design) – обслуживание спутников на орбите
- TRASIM (Transportation Simulation) – оценка стоимости программ разработки РН
- TRANSCOST (Transportation Cost) – космические одноразовые и многоразовые транспортные системы (**“Top-Down”**)

Оценки трудоёмкости/стоимости проектов по модели TRANSCOST

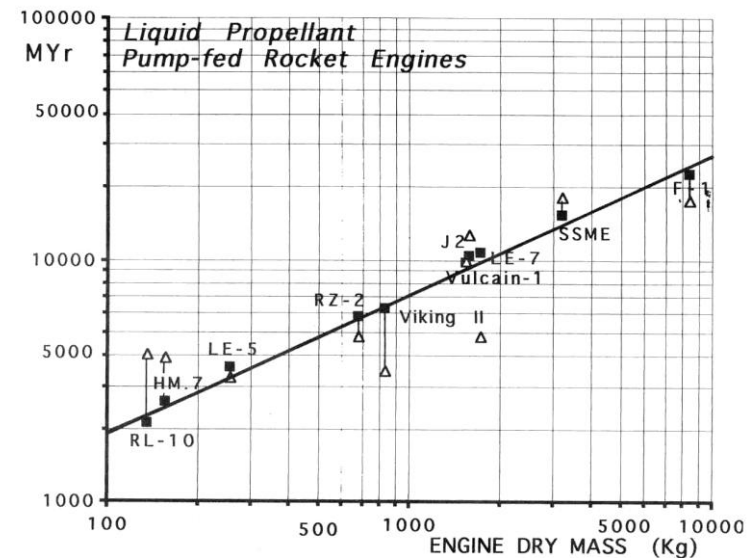
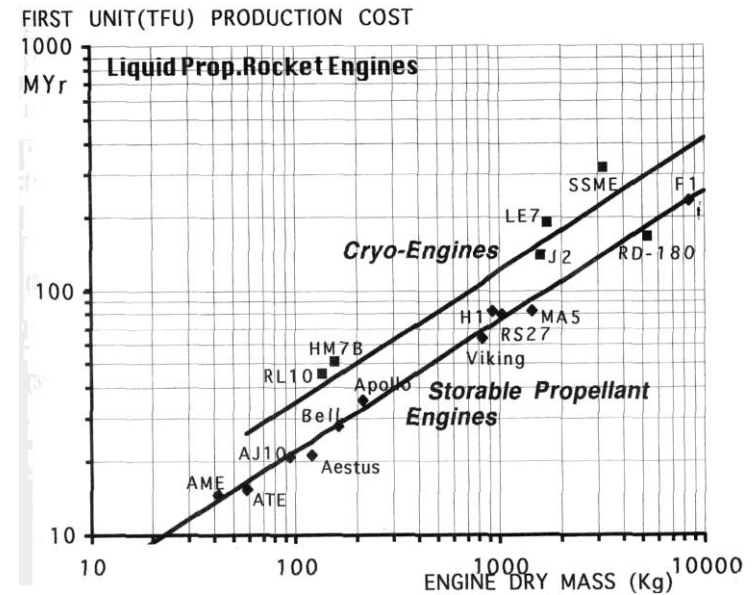
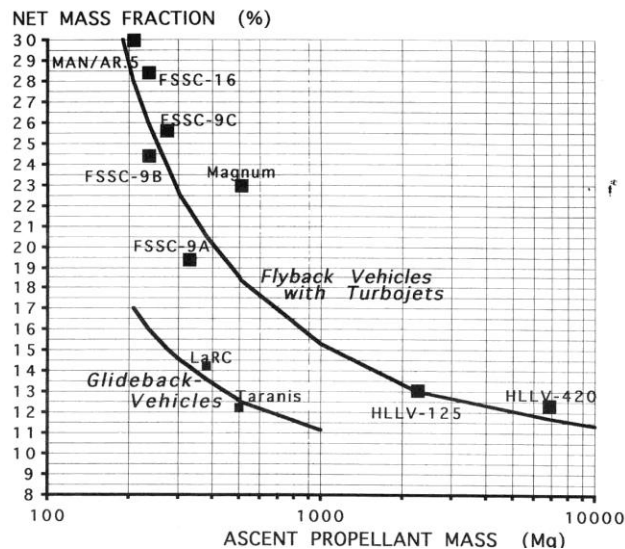
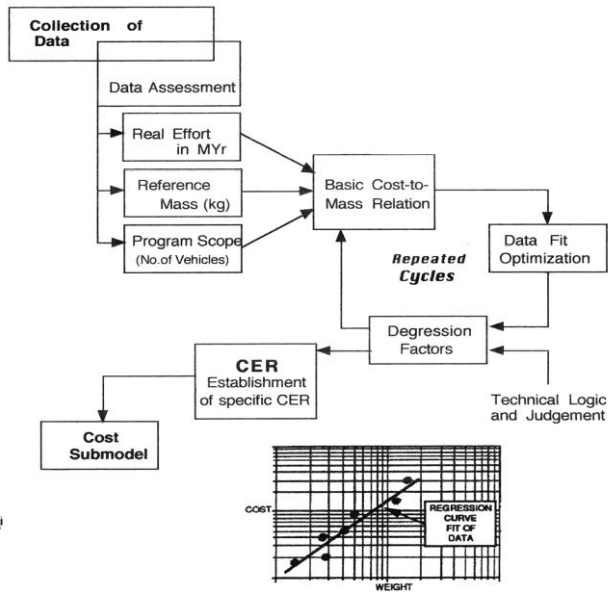
- 1 **Базовая ф-ла разработки (CER) :** $C = a \cdot M^X$
- 2 Трудоёмкость (стоимость) разработки элемента $H_{V,E,M}$: $H = C f_1 f_2 f_3$
- 3 Трудоёмкость (стоимость) разработки системы в целом C_D : $C_D = f_0 \Sigma H$
- 4 Трудоёмкость (стоимость) программы разработки C_{tot} : $C_{TOT} = f_0 \Sigma H f_6 f_7 f_8$

CER - Cost Estimation Relationship

$H_E = a \cdot M^X f_1 f_2 f_3$ (MYr – чел x год) , где

- f1 - коэффициент новизны технической разработки, связанный с опытом реализации других подобных проектов: от 0,4 (отработанное решение) - до 1,4 (передовая технология) ;
- f2 - коэффициент технической надёжности, определяемый для каждой системы, как техническая характеристика: от 0,9 (автомат) - 0,999 (пилотируемая система);
- f3 - фактор опытности коллектива разработчиков: от 0,7 (опытный коллектив) до 1,4 (новая команда разработчиков или частично новый проект для команды)
- f4 - при серийном производстве возникает субмодель периодических расходов (ОЗП, материалы), в которой должен быть учтен фактор снижения стоимости f4 за счёт освоения навыков производственного процесса (learning curve): от 0,7 (значительный опыт производства) до 0,95 (изготовление первой партии)

Параметрическая оценка стоимости (примеры)



Планирование затрат по проекту (стандарт ЕКА)

- Определение состава и последовательности выполнения работ (SOW, PBS, OBS, WBS, WP)
- Определение продолжительности и трудоемкости работ (work schedule, PSS-A20 или параметрические модели стоимости)
- Расчет себестоимости и обоснование цены
- Трудозатраты = объём ресурсов x длительность их использования

Основные экономико-математические модели ценообразования:

- Метод прямого расчета себестоимости (Fix Price или Direct Cost Plus Profit)
- Статистические параметрические модели ЖЦ (cost engineering: TRANSCOST, PRICE-H и др.)

Экономический эффект конкурентных преимуществ международного разделения труда (кейс: фрагмент МКТС)

№ П/П	ПРОГРАММНЫЙ ЭЛЕМЕНТ МКТС	США, \$ МЛН.	РФ, \$ МЛН.	ЕС, \$ МЛН.
1	Разработка РД первой ступени	850	250	800
2	Разработка РД второй ступени	130	150	420
3	Разработка РД третьей ступени	80	90	370
4	Разработка бортовой энергоустановки	170	115	200
5	Разработка бортовой системы управления	100	300	150
6	Разработка системы диагностики и КПА	140	250	130
	ИТОГО	1470	1155	2070

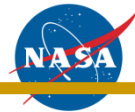
ОБЩИЕ ЗАТРАТЫ ПРИ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ РАЗРАБОТКЕ - **4 695 \$ МЛН.**

ОБЩИЕ ЗАТРАТЫ ПРИ СОВМЕСТНОЙ РАЗРАБОТКЕ - **805 \$ МЛН.**

- Снижение стоимости и сроков реализации проектов (оптимизация вкладов партнёров по критерию «цена/качество/сроки»)
- Повышение рентабельности проектов через объединение рынков партнёров проекта
- Ускорение реализации проектов за счёт доступа к «зрелым технологиям» партнёров
- Диверсификация рисков среди партнёров
- Содействие политической стабильности через формирование атмосферы делового сотрудничества

Метод калькуляции (опыт NASA)

Управление стоимостью программ в структуре NASA

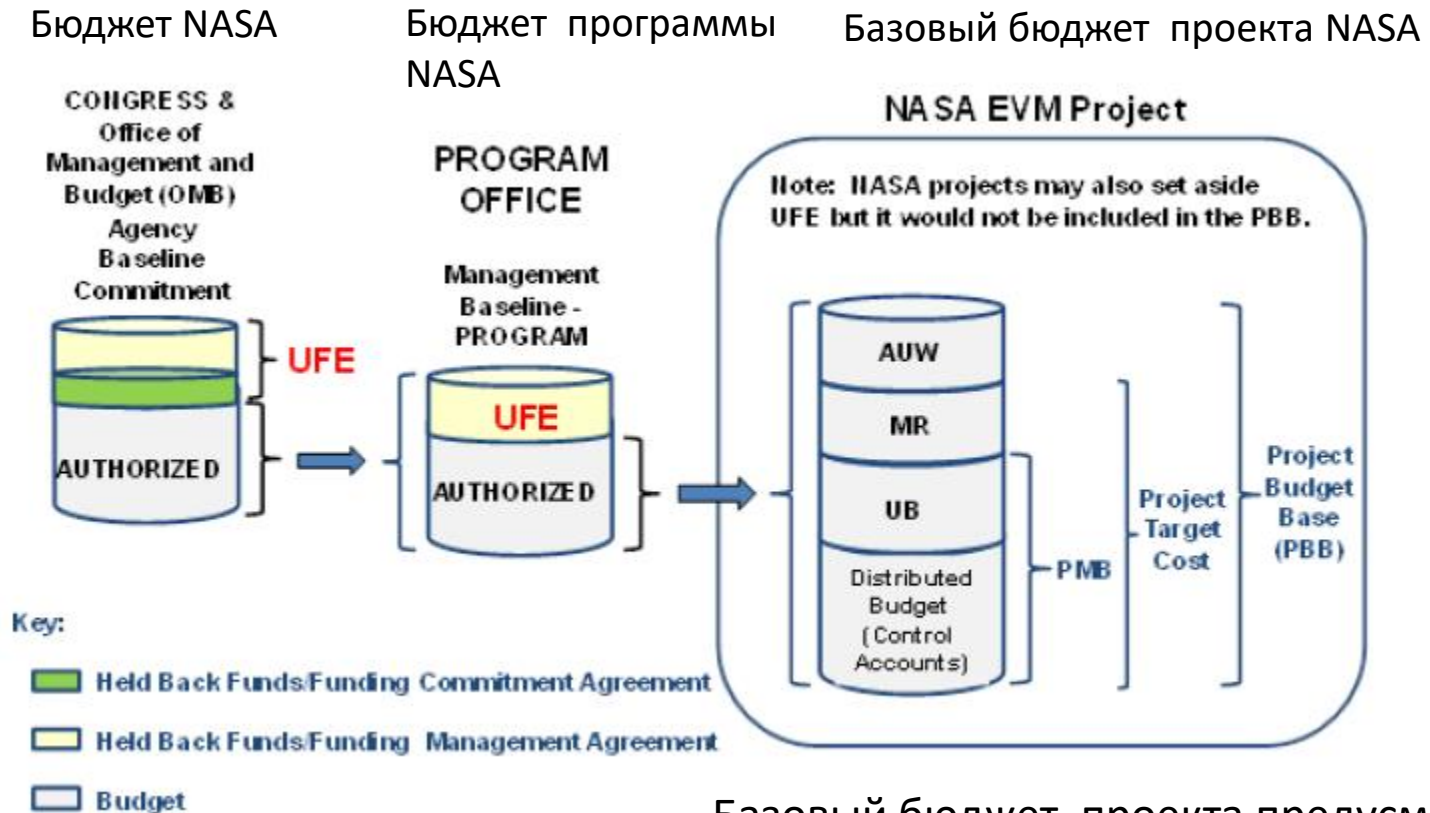


Оперативное управления ЭБ центров NASA – частная компания Jacobs Engineering

Note:

* Center functional office directors report to Agency functional AA. Deputy and below report to Center leadership.

Планирование бюджета проекта в NASA



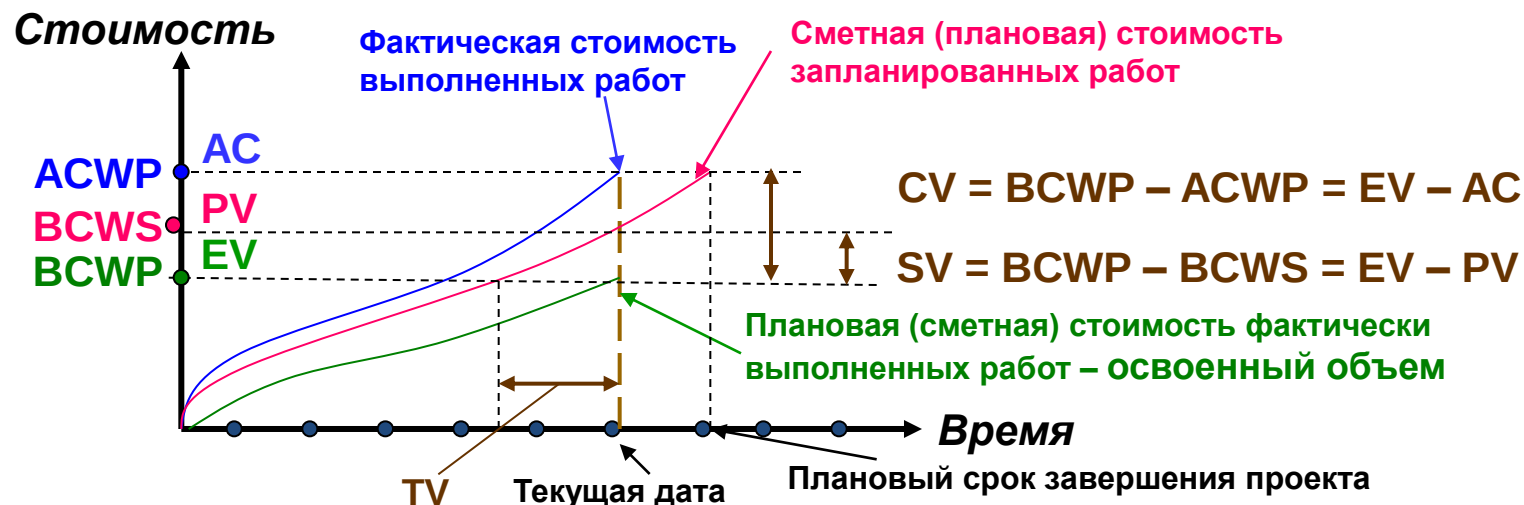
MILITARY STANDARD
MIL - STD- 337
Design to Cost/24/07/1989

Базовый бюджет проекта предусматривает резервы для компенсации отклонений и рисков в процессе выполнения проекта

Управление стоимостью космического проекта

- Цели:
 - Определить стоимость проекта (статика)
 - Уложиться в рамки бюджета проекта (динамика затрат)
- Задачи – управление процессами, обеспечивающими выполнения проекта в рамках бюджета:
 - Стоимостная оценка ресурсов
 - Разработка бюджета расходов на основе стоимости отдельных операций, формирование бюджета проекта
 - Контроль расходов
- * Допускаемая точность на начальном этапе планирования (ROM)
+/- 50%, на конечном этапе +/- 10%

Анализ проекта по методу освоенного объема (Earned value management)



SV – отклонение от календарного графика по запланированной (сметной) стоимости работ (объема, трудоемкости...)

SV < 0 отставание

SV > 0 опережение

CV – отклонение фактической стоимости выполненных работ от их сметной стоимости

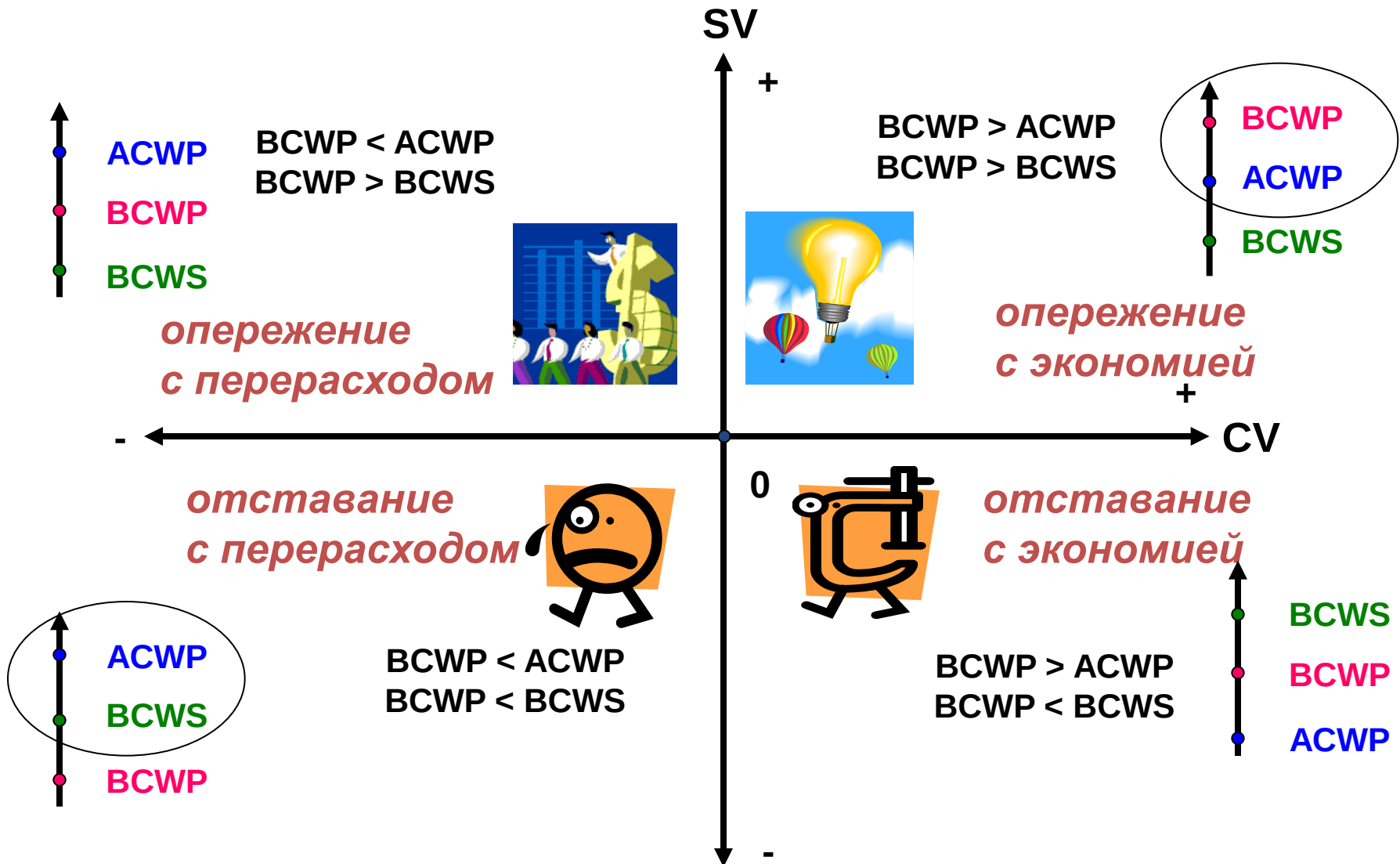
CV < 0 перерасход

CV > 0 экономия

TV – отклонение от календарного графика по времени, отклонение фактического срока достижения запланированного объема от планового срока

Анализ по методу освоенного объема

Отклонения

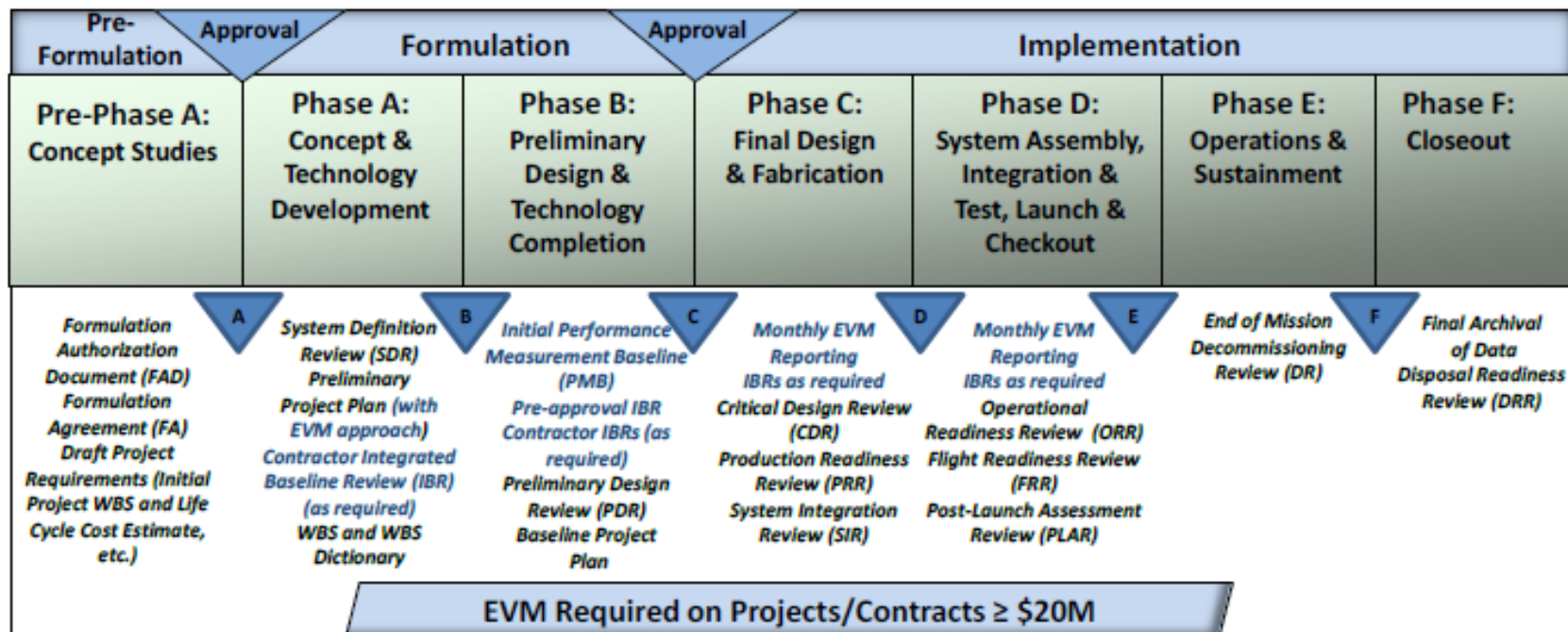


Требования NASA по применению методов освоенного объёма (Earned Value Management -EVM) для анализа хода работ по проекту

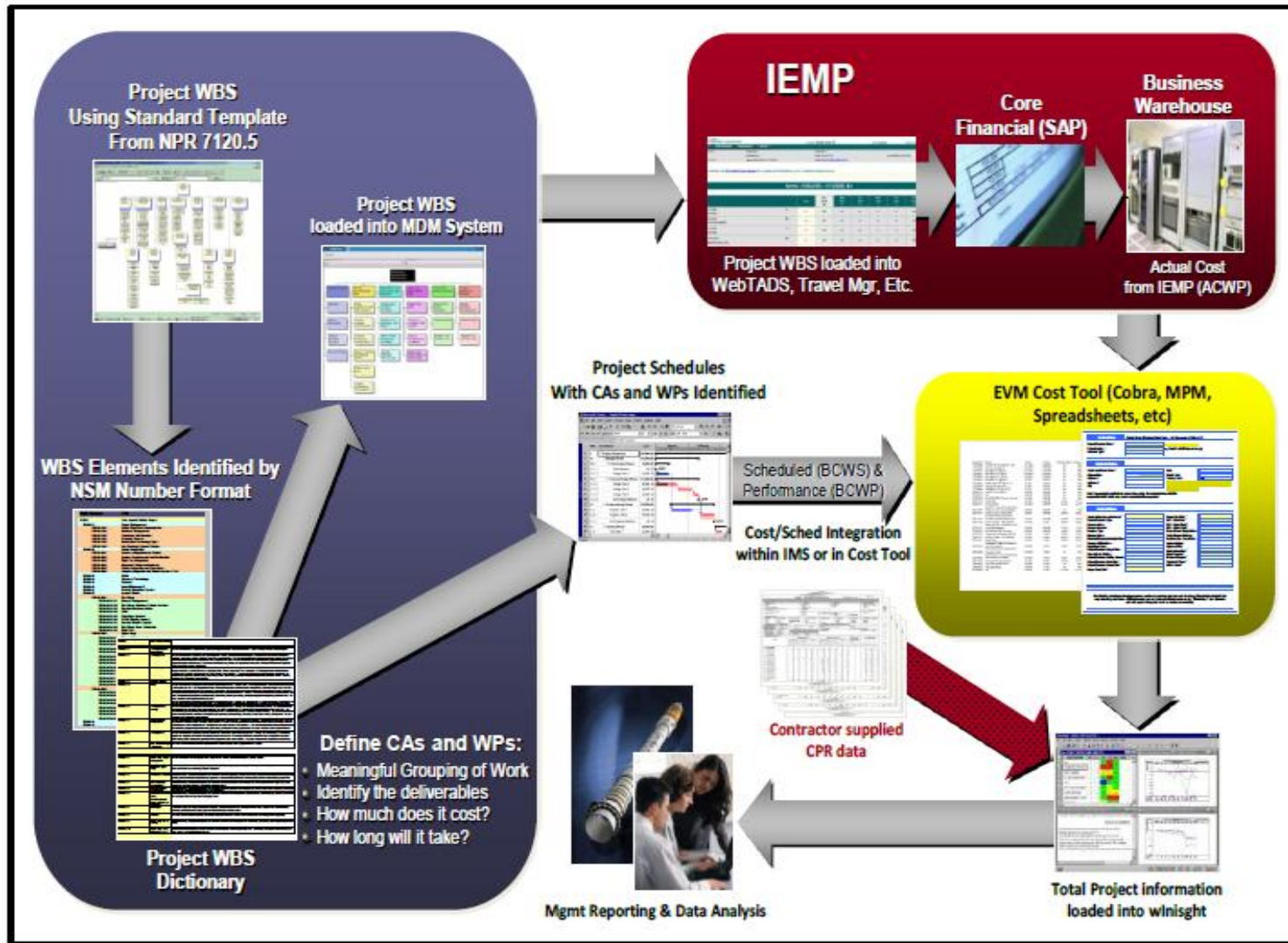
Программы/Проекты NASA		
> \$50 M	\$20 – 50 M	\$ 0 – 20 M
32 NASA-руководства	32 NASA -руководства	EVM не оценивается
Нисходящие требования для подрядчиков		
> \$50 M	\$20 – 50 M	\$ 0 – 20 M
32 NASA-руководства Полная оценка EVM	32 NASA -руководства Полная оценка EVM	EVM не оценивается Оценка эффектив-ти
Все поддерживающие субподрядчики		

NASA Projects		
> \$50M	\$20M to \$50M	\$0 to \$20M
32 Guidelines NASA System	32 Guidelines NASA System	Non-EVM Performance Mgmt
Flow-Down to Contractors		
> \$50M	\$20M or More	Less than \$20M
32 Guidelines Validated Full EVM Terms and Conditions of DRDs	32 Guidelines Compliance Full EVM Terms and Conditions of DRDs	Non-EVM Performance Mgmt Performance Mgmt Terms and Conditions of DRD
All Supporting Contractors		

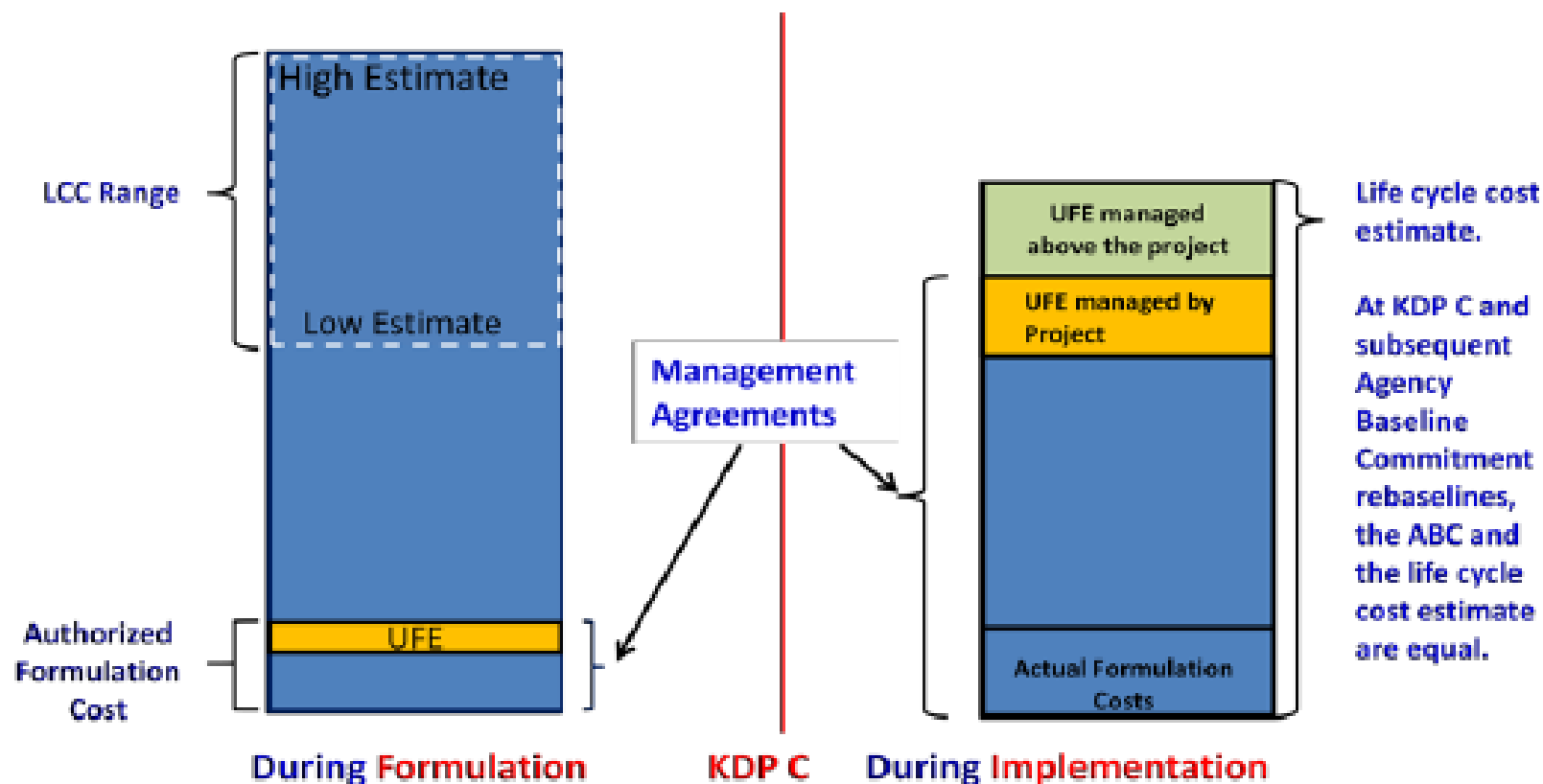
EVM Capability Maturity Model (CMM)



Архитектура системы оценки освоенного объёма



Согласование соглашения по расхождению планируемого и фактического бюджета проекта в NASA



Порядок согласования результатов сдачи этапов проекта

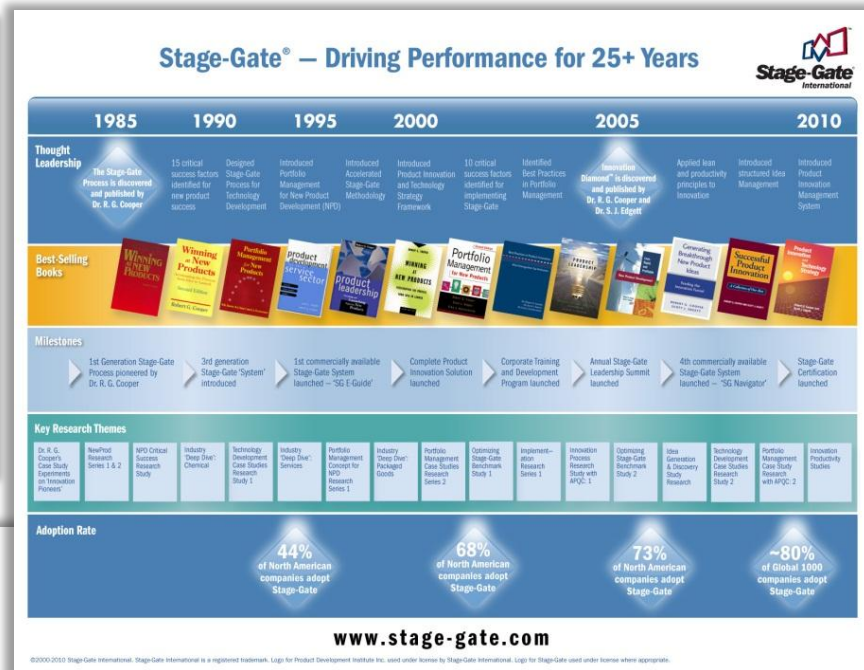
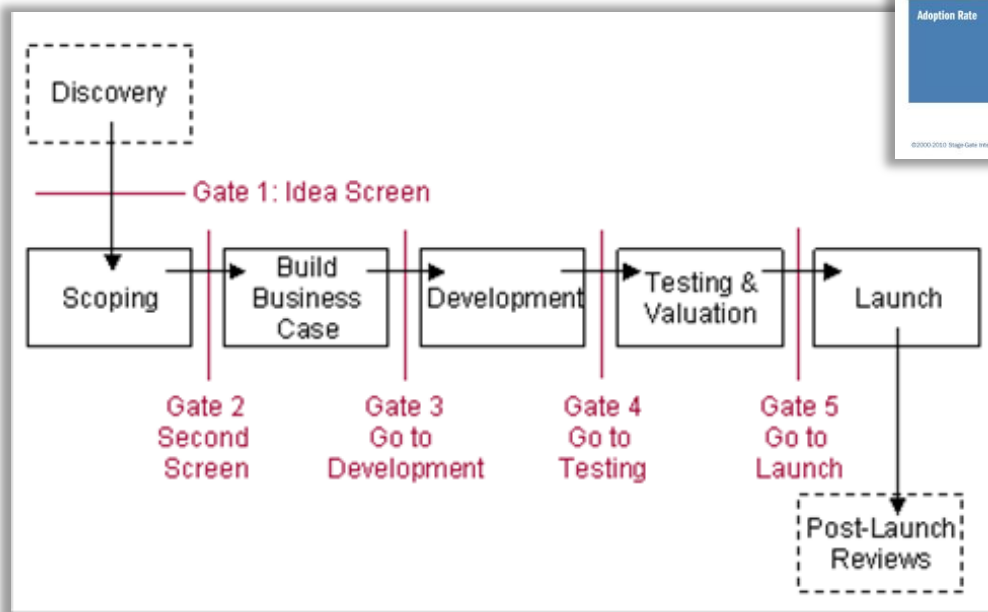


Stage-gate модель управления инновационными проектами

Историческая справка

Stage-Gate Model® разработана Робертом Купером (Robert R. Cooper) в конце 1980-х годов с целью снижения рисков инвестиций по внедрению инновационных технологий

Нашла широкое применения в авиакосмической промышленности: NASA, ESA, Boeing, Airbus Group, TAS, Bombardier, General Electric, Lucas Industries, Rolls-Royce и др.



Инновационный проект реализуется по единственному сценарию, который представлен как линейный поток, в котором идея считается готовой к реализации после прохождения серии "ворот" (Gates). Это позволяет снижать R&D издержки за счет отсеивания неудачных идей на ранних стадиях исследований

Кейс: рыночный подход к ценообразованию в космической промышленности на основе принципа Design to Cost(DTC)

**Аэрокосмический сектор :
деятельность ориентированная на рынок**

**Рыночная
цена**

-

**Эконом.
выгода**

=

Цена затрат

материалы + труд + управленческие расходы



**Проектирование РКТ под
заданную стоимость (Design to Cost)**

Техника ценообразования, ориентированная на проектирование продукта под заданную долю рынка. Заданная стоимость достигается выбором технических решений, обеспечивающих минимизацию стоимости

Design to Cost 2.0

**Проектирование недвижимости под заданную стоимость с
использованием технологии BIM**

(Кейс: из строительной индустрии)

Основные тенденции рынка жилья в РФ

- Снижение покупательной способности населения-продажи активно идут у тех застройщиков, кто имеет запас по себестоимости строительства
- Покупательный спрос в сторону объектов с большой степенью готовности (time to market). Для массового строительства это означает полную готовность коробки здания.
- Рынок имеет низкую рентабельность. Необходим пересмотр отношений между проектировщиком и подрядчиком в сторону ужесточения бюджетов при сохранении темпов и качества строительства

ВЫВОД: рынок требует изменений к качеству проработки проектов, их сроков, бюджетов, запасов

Стоимость инвестиционных этапов по ходу строительства значительно увеличивается



- Изменение / корректировка решений на каждом последующем этапе проекта обходится дороже
- Решения на более ранних стадиях инвестиционного проекта формируют, как правило, наибольшую ценность для конечного потребителя

Преимущества BIM в сочетании с DTC



Исключение коллизий и дополнительных работ на стадии строительства

Снижение производственных потерь



Риски и неопределенность, связанные с проектными решениями, закладываются подрядчиком

Визуализация позволяет осуществлять ресурсное планирование работ



Оптимизация бюджета строительства начинается еще на этапе инженерной концепции

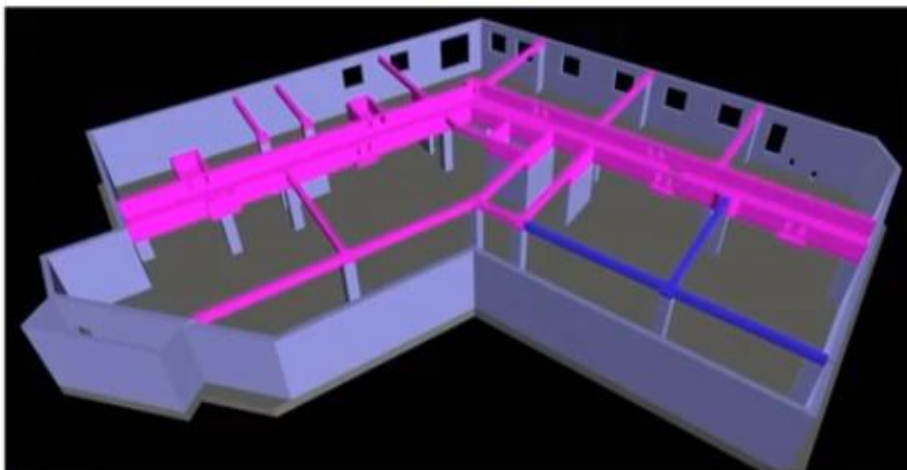


TARGET COSTING

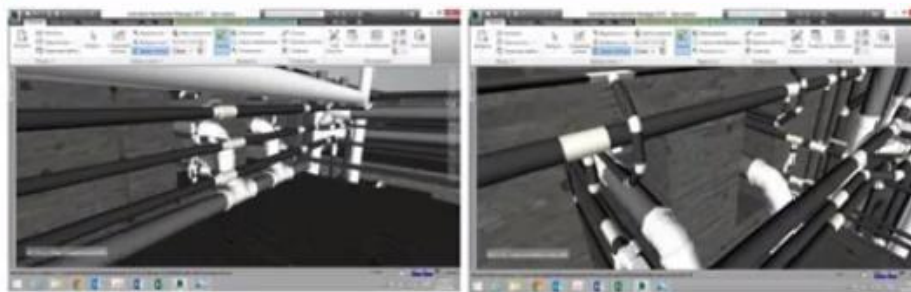
Использование функционально-стоимостного анализа и моделирования

Оптимальное решение для удовлетворения потребительских ценностей

Работа с информационной моделью здания для DTC

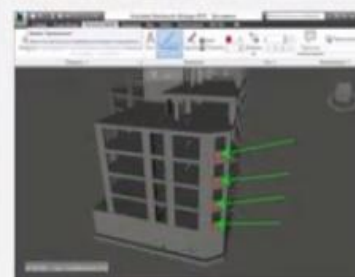


Дифференцированы стоимость вертикальных и горизонтальных конструкций монолита и фундаментов за куб бетона. Выделили вертикальные и горизонтальные элементы в монолите, которые являются производственными единицами (захватки)

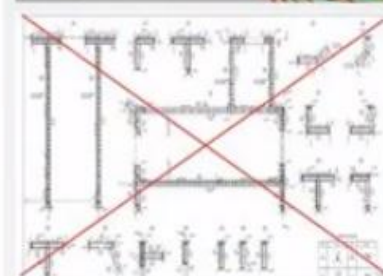
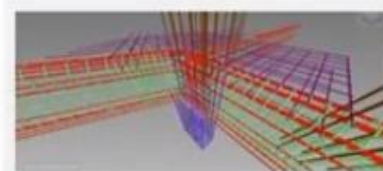


Внутренние сети спроектированы в стесненных условиях с помощью Revit. Компоновку можно сделать, только сначала нарисовав в программе.

Детально проработанная модель является аргументом для снижения стоимости контракта на выполнение работ, т.к. не нужно закладывать в стоимость «риски на непонятность»



Оптимизационные решения принятые на площадке строительства становятся доступными для проектировщиков в среде общих данных Navisworks, Dropbox (направленные на снижение трудоемкости изготовления и монтажа)



Исключить время, затраченное проектировщиком на оформление 2D РД листов, перед их согласованием с монтажником

- Разрезание модели на захватки.
- Формирование модели под технологию монтажа
- Взаимодействие проектировщиков и строителей
- Проектирование внутренних сетей

Жизненный цикл объекта

Жизненный цикл объекта (здание, информационная система, сложное оборудование и т.д.)

Определение
бизнес-
потребности

Формирование
требований к
объекту

Проектирование
объекта

Производство
объекта

Ввод объекта в
эксплуатацию

Эксплуатация
объекта

Вывод объекта
из эксплуатации

Проект консалтинговой
компании

Проект
проектного
института

Проект инженеринговой компании
(терминальный проект)

Проект инвестиционной компании (инвестиционный проект)

Проект компании – владельца объекта, девелоперской компании (развивающийся проект)

Пример модели отбора проектов на основании простых финансовых критериев

Характеристики проектов		Проект А	Проект В
Стоимость проекта	[COF = I]	\$ 720 000	\$ 600 000
Ожидаемый ежегодный денежный приток	[CIF]	\$ 125 000	\$ 180 000
Требуемый срок окупаемости проекта	[T]	5 лет	5 лет
Требуемая норма прибыли (среднегодовая)	[ROI]	20%	20%
Модель, основанная на периоде окупаемости и средней норме прибыли			
Период окупаемости	[T = I / D]	5,8 лет	3,3 года
Норма прибыли	[ROI = D / I = 1 / T]	17,4%	30%
Выводы		Отвергнут по длительности срока окупаемости	Приемлем по обоим параметрам
Модель, основанная на чистой приведенной стоимости (NPV)			
Текущая стоимость годовых чистых денежных притоков за 5 лет	[ND] ND = D x K, где K -текущая стоимость аннуитета \$1 на 5 лет при минимальной учетной ставке 20% (из справочника = 2.991)	+ \$ 383 870	+ \$ 538 380
Капиталовложения	[COF = I]	- \$ 720 000	- \$ 600 000
Чистой приведенной стоимости	[NPV = ND- I]	- \$ 346 130	- \$ 61 620
Выводы		Отвергнут	Отвергнут

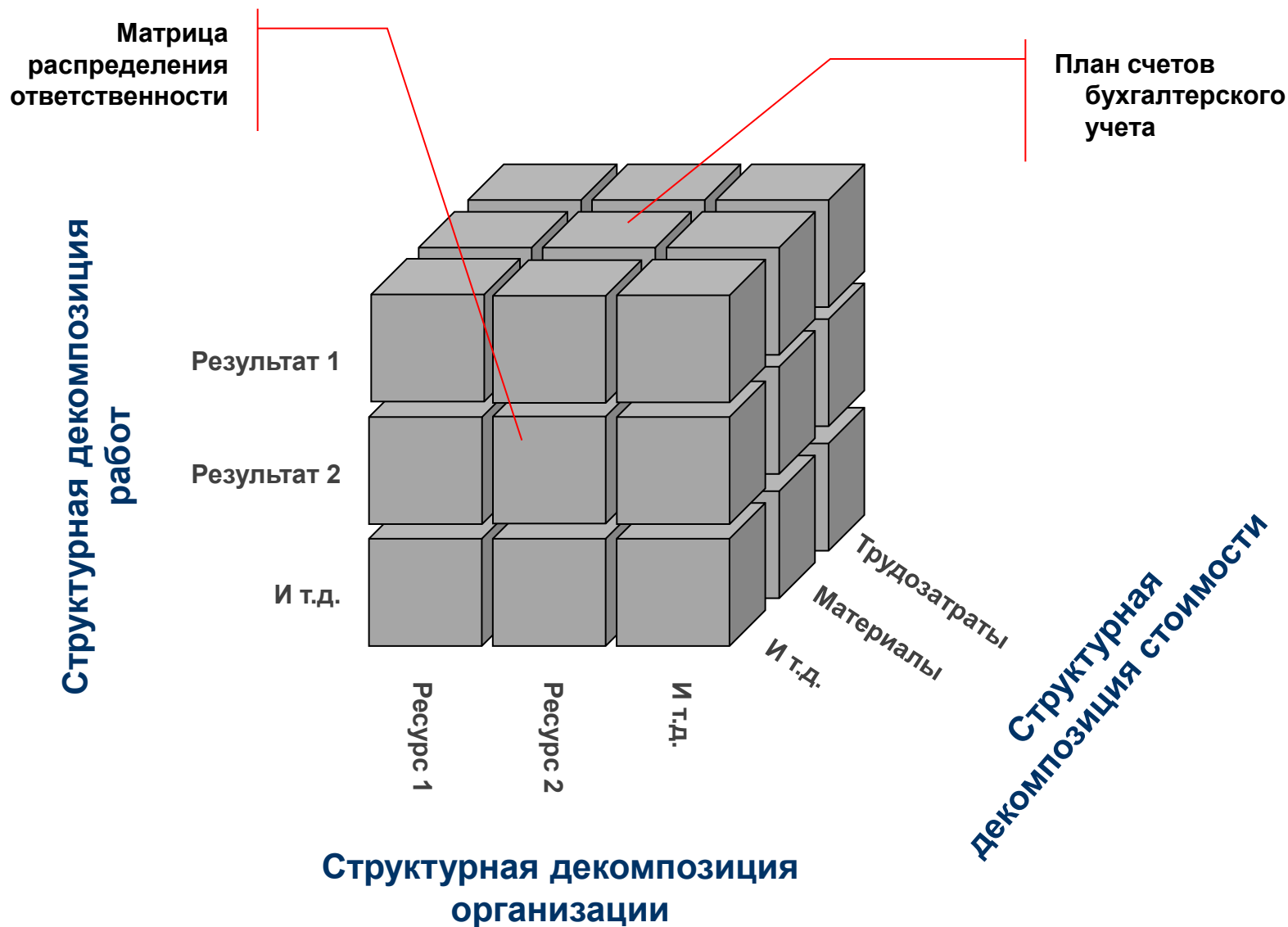
Пример методики оценки проектов в компании 3М

№	Критерий (K_i - принимает значение от 1 до 10)	Вес критерия (P_i)
1	Остается в рамках основных компетенций	2,0
2	Подходит к стратегии	3,0
3	Срочность	2,0
4	Обеспечивает 25% объема продаж от новых продуктов	2,5
5	Уменьшает дефекты менее, чем на 1%	1,0
6	Улучшает лояльность потребителей	1,0
7	ROI больше 18%	3,0

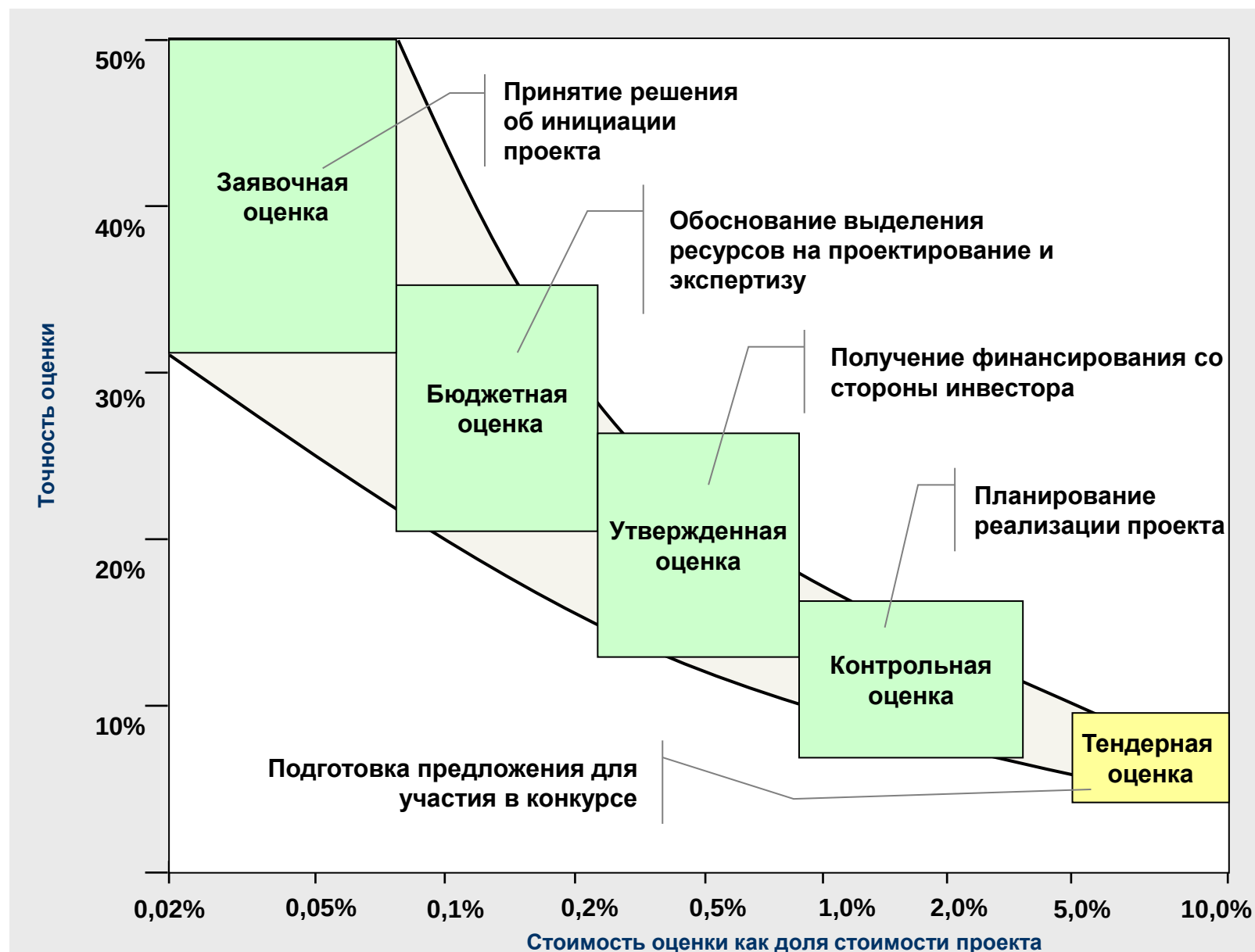
**Общий балл проекта
определяется по формуле**

$$\sum_{i=1-7} (K_i \times P_i)$$

«Куб» стоимости проекта



Переход от оценки к смете



Формирование смет

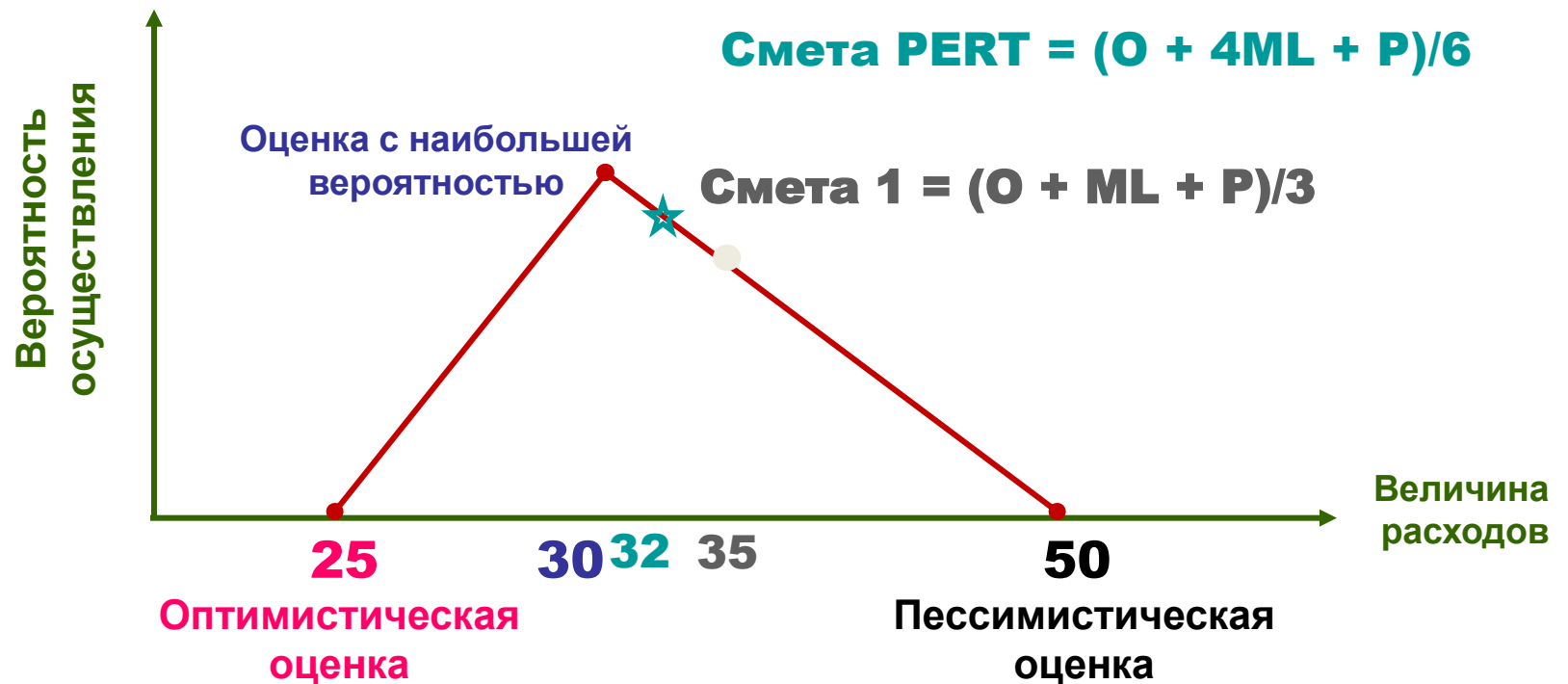
Задача

- ❑ Сформировать сметы уровня работ – оценки с более высокой степенью детализации, определенности и точности для использования при управлении проектом и его оценке.

Вероятностный характер стоимостных оценок

- ❑ Оптимистическая оценка – наименьшая сумма затрат по завершения работы, предполагая, что все идет как надо.
- ❑ Наиболее вероятная оценка – наилучшая возможная сумма затрат по завершения работы с учетом реалистичного плана и обычных внешних и внутренних влияний.
- ❑ Пессимистическая оценка – наибольшая возможная сумма затрат по завершению работы, предполагающая наличие всех возможных задержек и проблем, которые могут возникнуть в нормальном процессе.

Расчет вероятностных оценок



Структура сметы проекта

Статья затрат \ Объект	Объект 1	Объект 2	Объект 3	
Налоги	\$\$\$	\$\$\$	\$\$\$	\$\$\$
ТМЦ	\$\$\$	\$\$\$	\$\$\$	\$\$\$
Доставка ТМЦ	\$\$\$	\$\$\$	\$\$\$	\$\$\$
Зарплата	\$\$\$	\$\$\$	\$\$\$	\$\$\$
Субподряд	\$\$\$	\$\$\$	\$\$\$	\$\$\$
Командировки	\$\$\$	\$\$\$	\$\$\$	\$\$\$
Прочие расходы	\$\$\$	\$\$\$	\$\$\$	\$\$\$
	\$\$\$	\$\$\$	\$\$\$	\$\$\$
	\$\$\$	\$\$\$	\$\$\$	\$\$\$

Возможна детализация по продуктам, если на одном объекте внедряется несколько продуктов

Структура расходной части бюджета

Статья затрат \ Объект	Объект	Объект 1	Объект 2	Объект 3	
Налоги		Дата - \$ Дата - \$ Дата - \$	Дата - \$ Дата - \$ Дата - \$	Дата - \$ Дата - \$ Дата - \$	Дата - \$ Дата - \$ Дата - \$
ТМЦ		Дата - \$ Дата - \$ Дата - \$	Дата - \$ Дата - \$ Дата - \$	Дата - \$ Дата - \$ Дата - \$	Дата - \$ Дата - \$ Дата - \$
Доставка ТМЦ		Дата - \$ Дата - \$ Дата - \$	Дата - \$ Дата - \$ Дата - \$	Дата - \$ Дата - \$ Дата - \$	Дата - \$ Дата - \$ Дата - \$
Зарплата		Дата - \$ Дата - \$ Дата - \$	Дата - \$ Дата - \$ Дата - \$	Дата - \$ Дата - \$ Дата - \$	Дата - \$ Дата - \$ Дата - \$
Субподряд		Дата - \$ Дата - \$ Дата - \$	Дата - \$ Дата - \$ Дата - \$	Дата - \$ Дата - \$ Дата - \$	Дата - \$ Дата - \$ Дата - \$
Командировки		Дата - \$ Дата - \$ Дата - \$	Дата - \$ Дата - \$ Дата - \$	Дата - \$ Дата - \$ Дата - \$	Дата - \$ Дата - \$ Дата - \$
Прочие расходы		Дата - \$ Дата - \$ Дата - \$	Дата - \$ Дата - \$ Дата - \$	Дата - \$ Дата - \$ Дата - \$	Дата - \$ Дата - \$ Дата - \$
		Дата - \$ Дата - \$ Дата - \$	Дата - \$ Дата - \$ Дата - \$	Дата - \$ Дата - \$ Дата - \$	Дата - \$ Дата - \$ Дата - \$
		Дата - \$ Дата - \$ Дата - \$	Дата - \$ Дата - \$ Дата - \$	Дата - \$ Дата - \$ Дата - \$	Дата - \$ Дата - \$ Дата - \$

Финансовые потоки в проекте

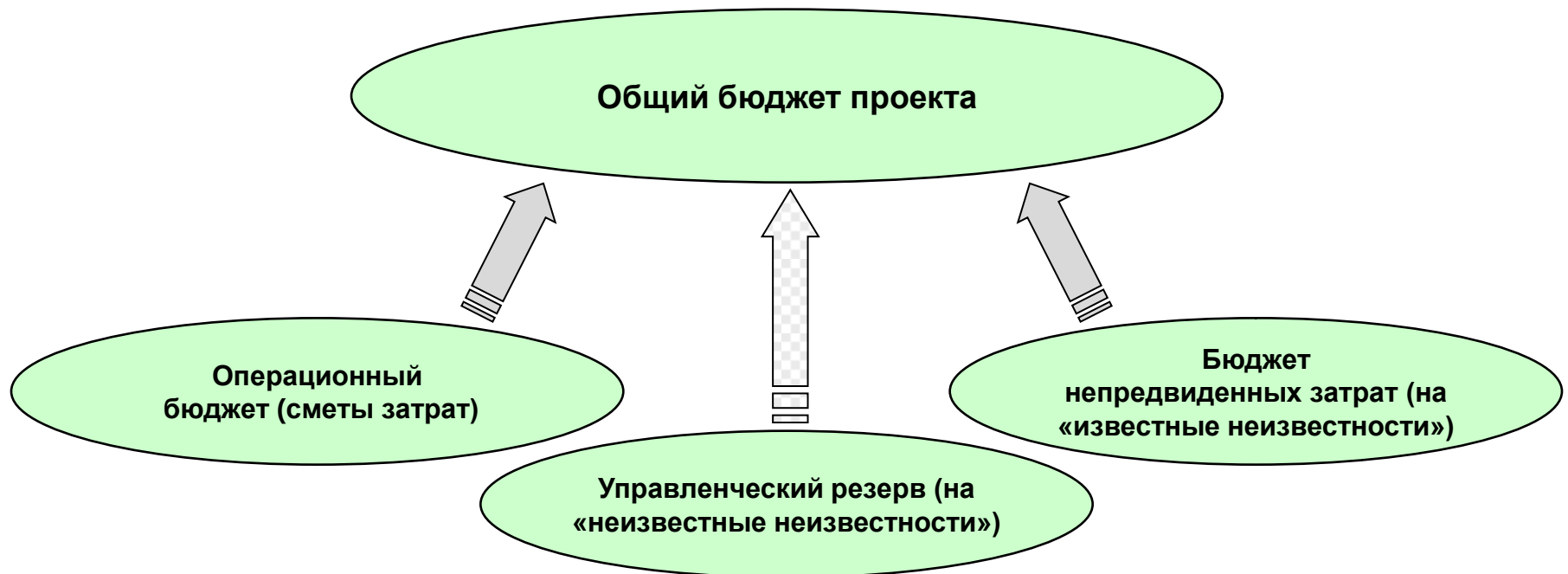
Месяц	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
Вехи проекта		Заключение договора				Поставка оборудования Разработка ПСД		Строительно-монтажные работы (СМР)	Пуско-наладочные работы (ПНР)
Платежи от заказчика		+ Аванс					+ Оплата оборудования и ПСД		+ Оплата СМР и ПНР
Налоги		-					-	-	-
ТМЦ						-			
Доставка ТМЦ						-			
Зарплата	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Субподряд						-	-		
Командировки	-	-				-	-	-	-
Прочие расходы	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Расходование резервов						-	-	-	
Заимствования	+	-				+	-		

Формирование бюджета проекта

Задачи формирования бюджета:

- ❑ Привязать доходы и расходы к календарным срокам
- ❑ Определить величину финансовых резервов в проекте
- ❑ Определить источники финансирования

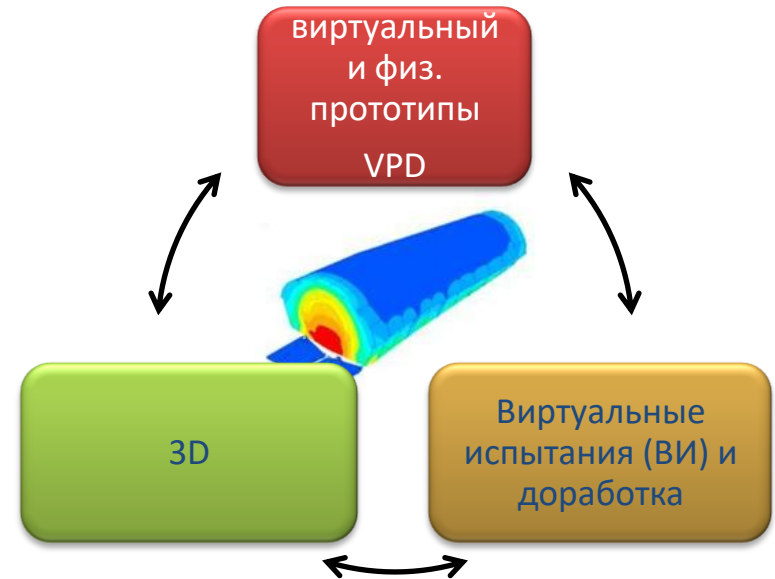
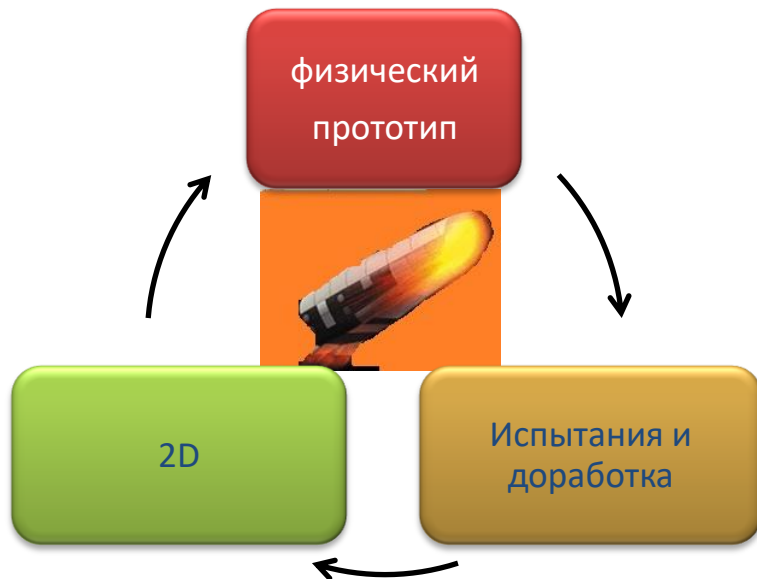
Структура бюджета проекта



Новая парадигма управления стоимостью в РКП на основе информационной модели РКТ

Прогнозная цена проекта на основе использования сквозной Информационной Модели ЖЦ РКТ

- Вчера: **последовательные** этапы разработки, автоматизированное проектирование. Основа перехода - результаты **испытания физического макета**
- Сегодня: **параллельные** этапы разработки, интегрированная среда разработки. Основа перехода - **цифровой и физ. макеты, их испытания в т.ч. ВИ**



Эволюция парадигмы разработки изделий в авиакосмической промышленности



Переход к технологии проектирования космических систем с использованием информационной модели

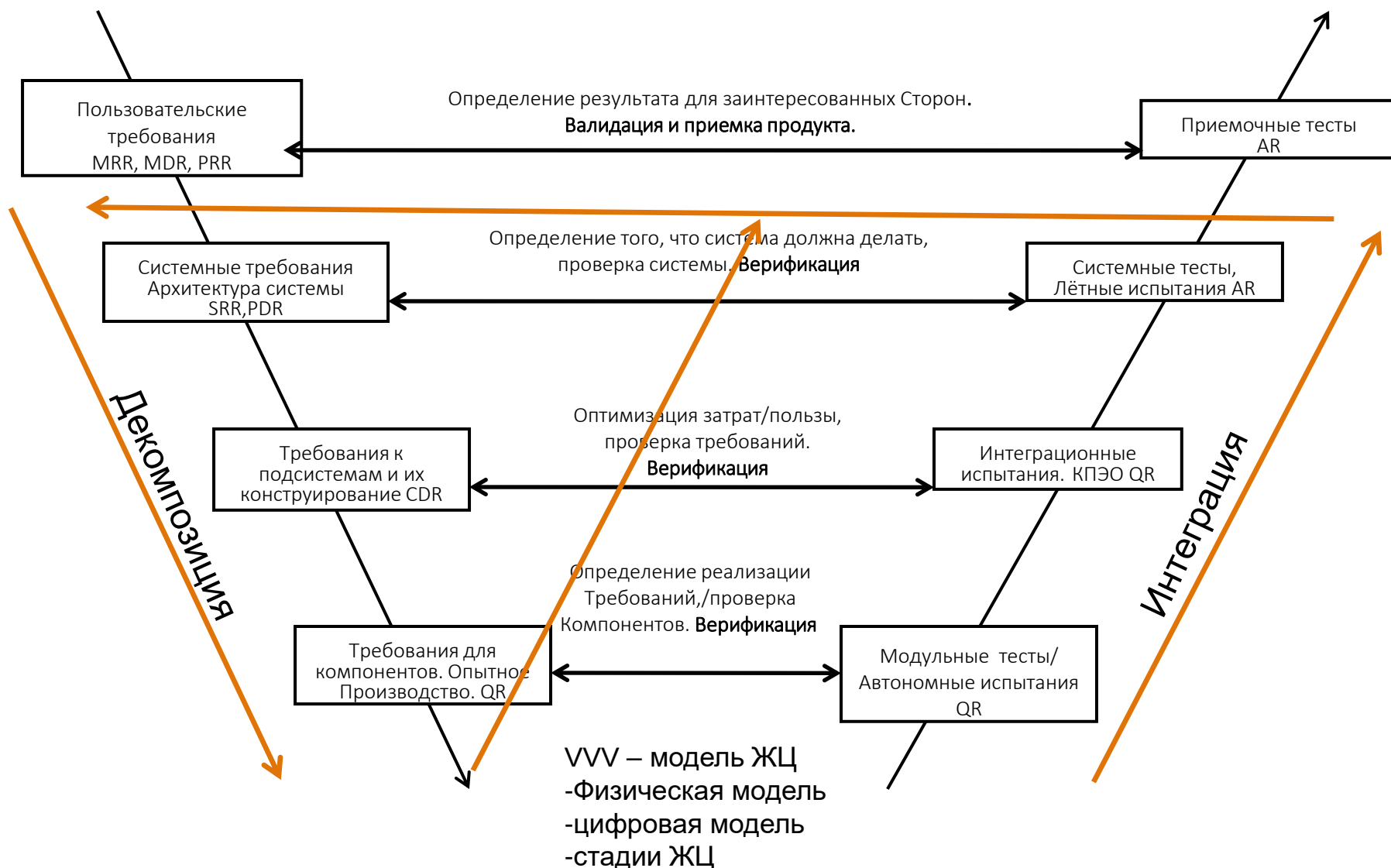


MIL – Model In the Loop
SIL – SW in the Loop
HIL – HW in the Loop

Ключевые изменения в программе разработки:

- Передача вместе с ТЗ скелетонов моделей систем (в начале этапа)
- Получение отработанных поставщиками имитационных моделей систем для их интеграции и анализа работы в составе изделия (по концу этапа)
- Интеграция междисциплинарных виртуальных моделей систем изделия в единую модель Virtual Integrate Aircraft
- Виртуальные, гибридные и физические испытания систем (MIL, SIL, HIL), включая Virtual Iron Bird

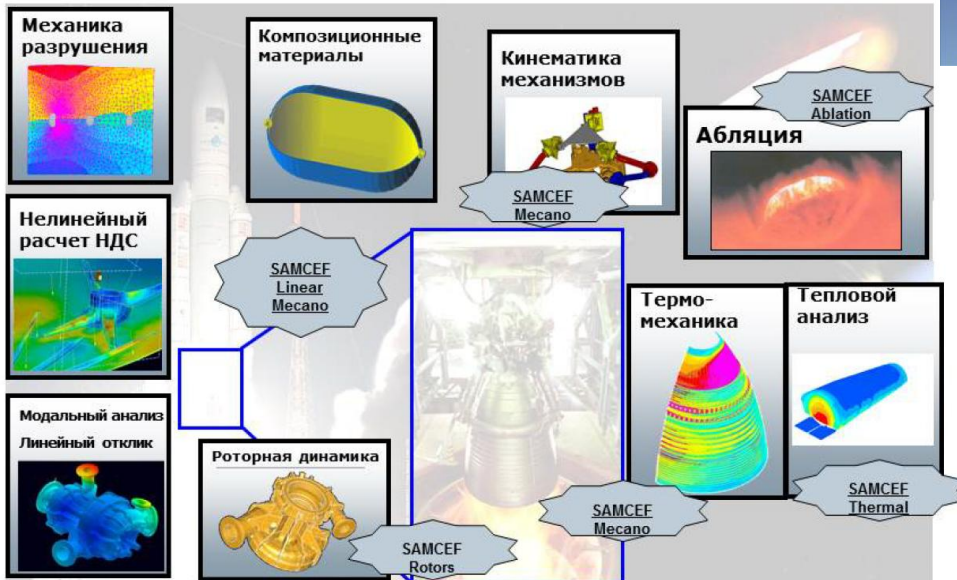
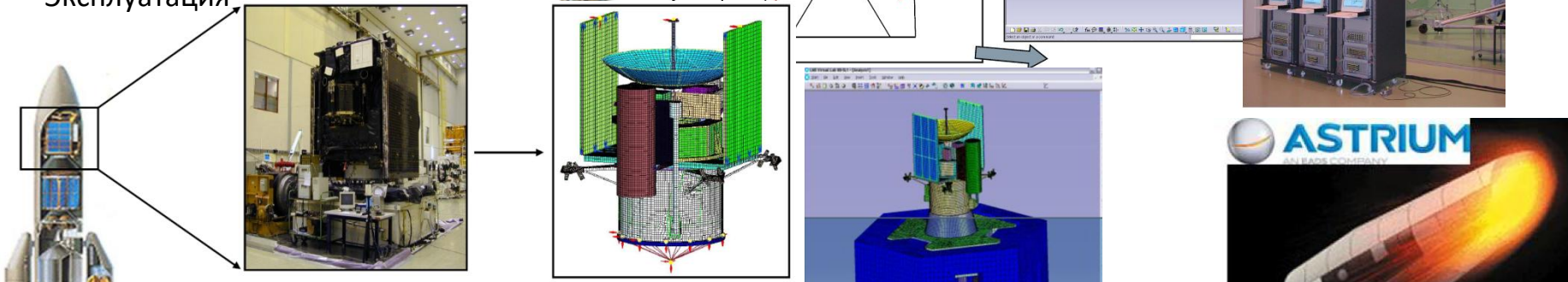
Разработка и верификация/валидация требований проекта через имитационное моделирование ЖЦИ в виртуальной среде



Виртуальные испытания при ЭО РКТ

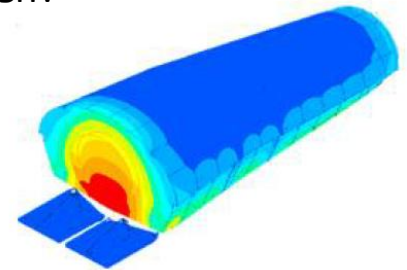
Полная цифровая модель на всех стадиях ЖЦ изделий:

- Системное проектирование
- Эскизное проектирование
- Рабочее проектирование
- Изготовление и ЭО
- Эксплуатация

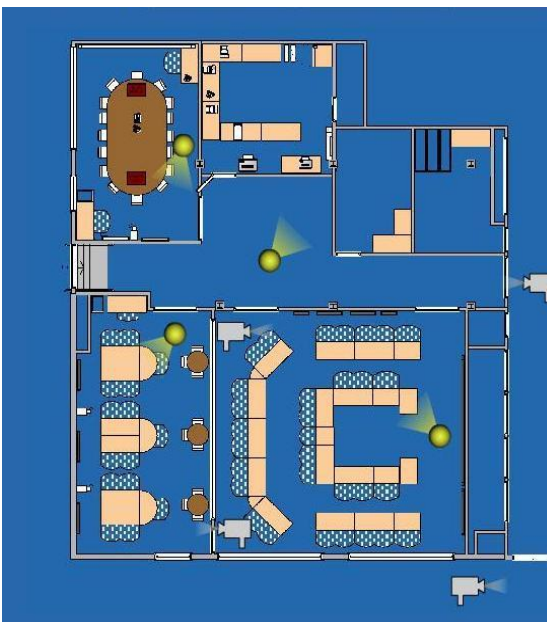


Передовой мировой опыт:

- LMS/Seimens
- Intespace/Airbus D&S
- AEDC
- ONERA
- IABG



Центр параллельного проектирования (опыт ESA)-сценарные решения, включая стоимостной анализ



Назначение: временная площадка для различных «проектных команд» при разработке и сопровождении программ и проектов, а также организации совместной работы географически распределённой сети разработчиков

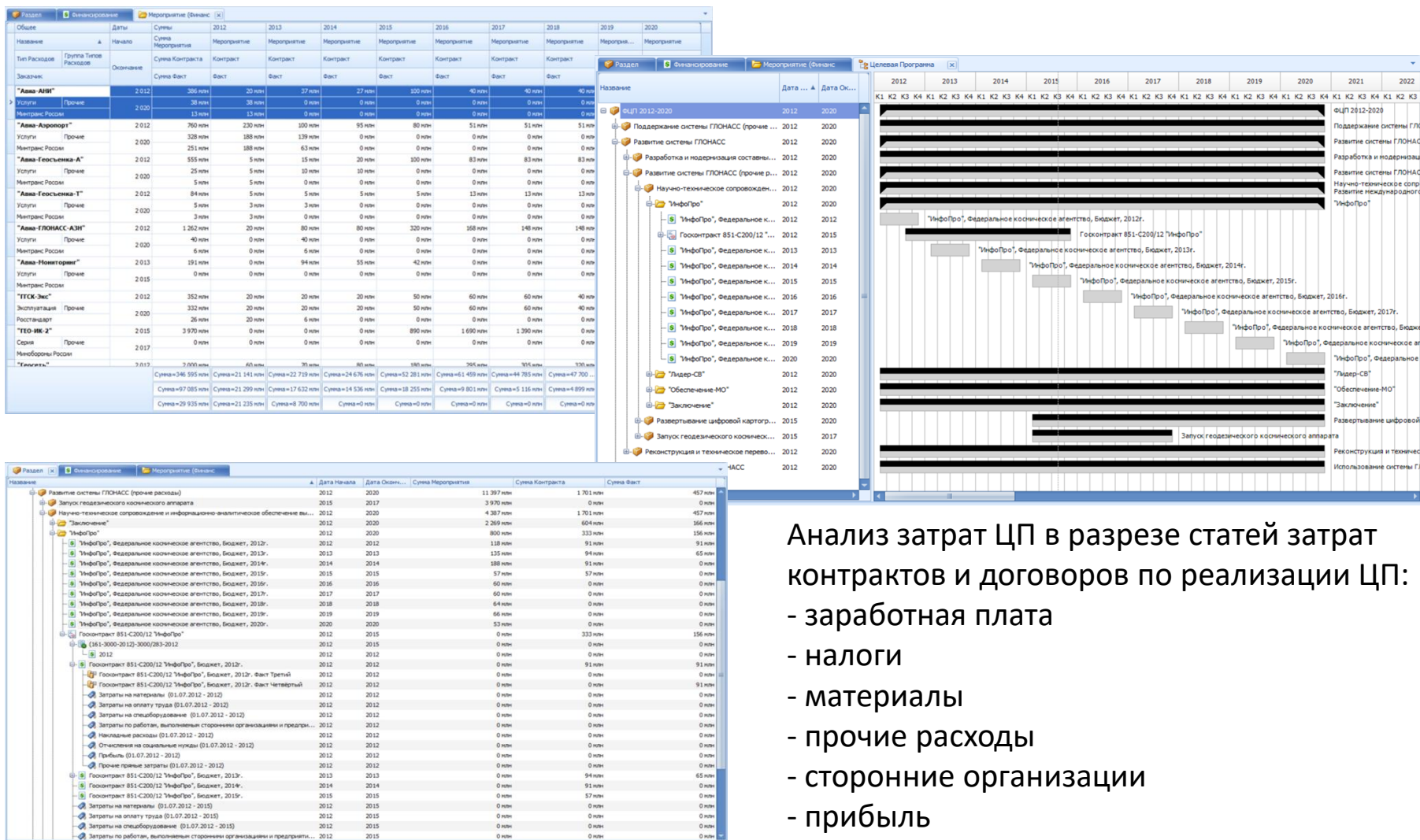
Задачи ЦПП:

- Сокращение сроков и затрат на проектно-поисковые работы (в 5-6 раз)
- Полный системный анализ проектов: цели, задачи, ТТХ, сроки, цена, риски
- Повышение качества работ за счёт ЕИП, междисциплинарной команды с участием Заказчика и виртуального прототипирования объектов и процессов
- Капитализация знаний через создание БЗ проектов и архива лучших практик
- Среда обучения и повышения квалификации персонала
- Инструмент анализа нештатных ситуаций
- Демонстрация для VIP в целях продвижения программ и проектов

Особенности технологии работы: V-модель+Agile ЖЦ; интегрированная цифровая среда CAD/CAM/CAE/CAPP/PLM; ЕИП - единое информационное пространство; мозговой штурм; междисциплинарная команда с участием Заказчика; архив моделей типовых проектов и решений.

Формирование, выполнение, мониторинг, анализ

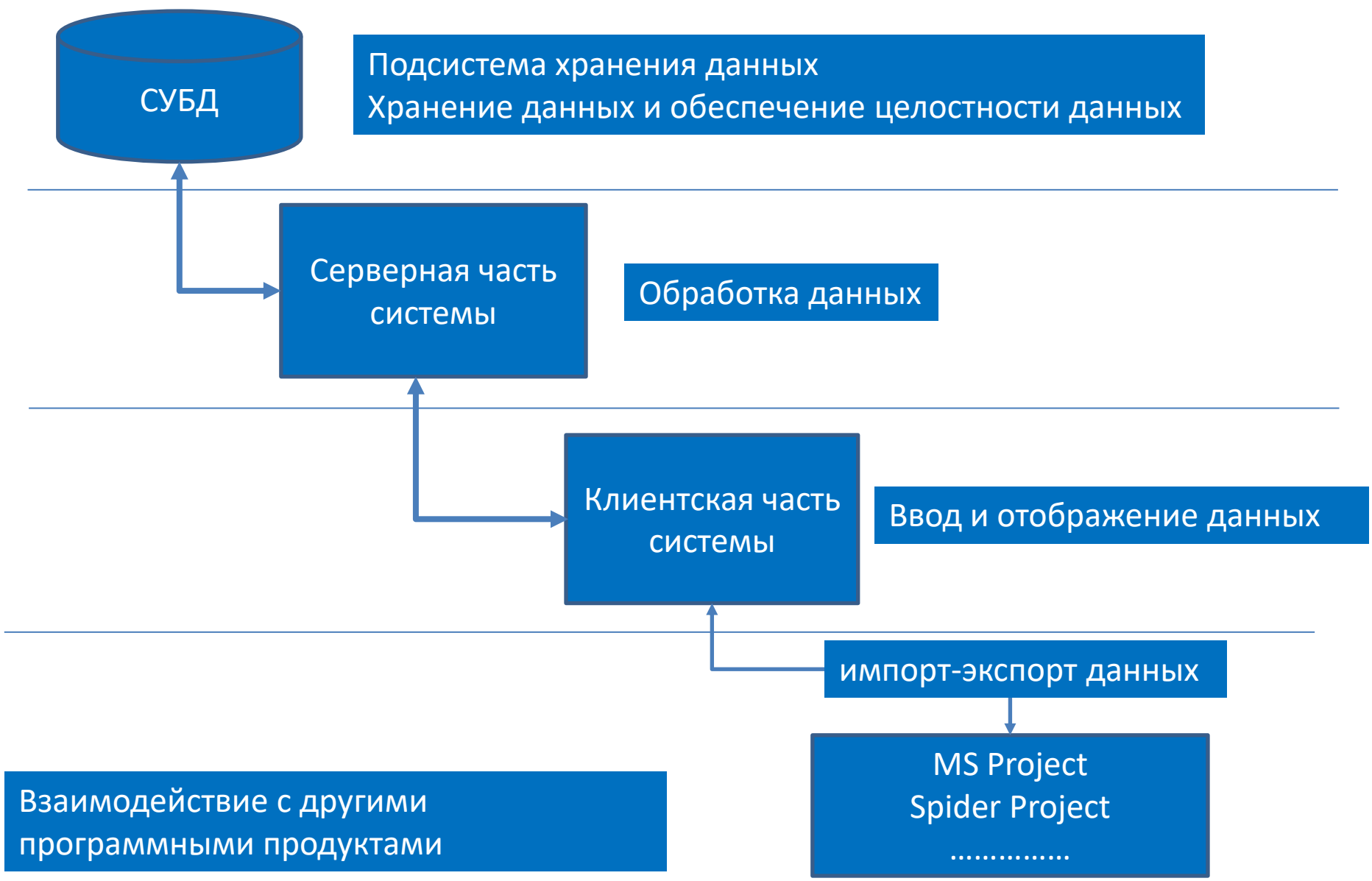
Создание древовидной (иерархической) структуры целевой программы по задачам, мероприятиям, разделам, источникам финансирования, контрактам, результатам



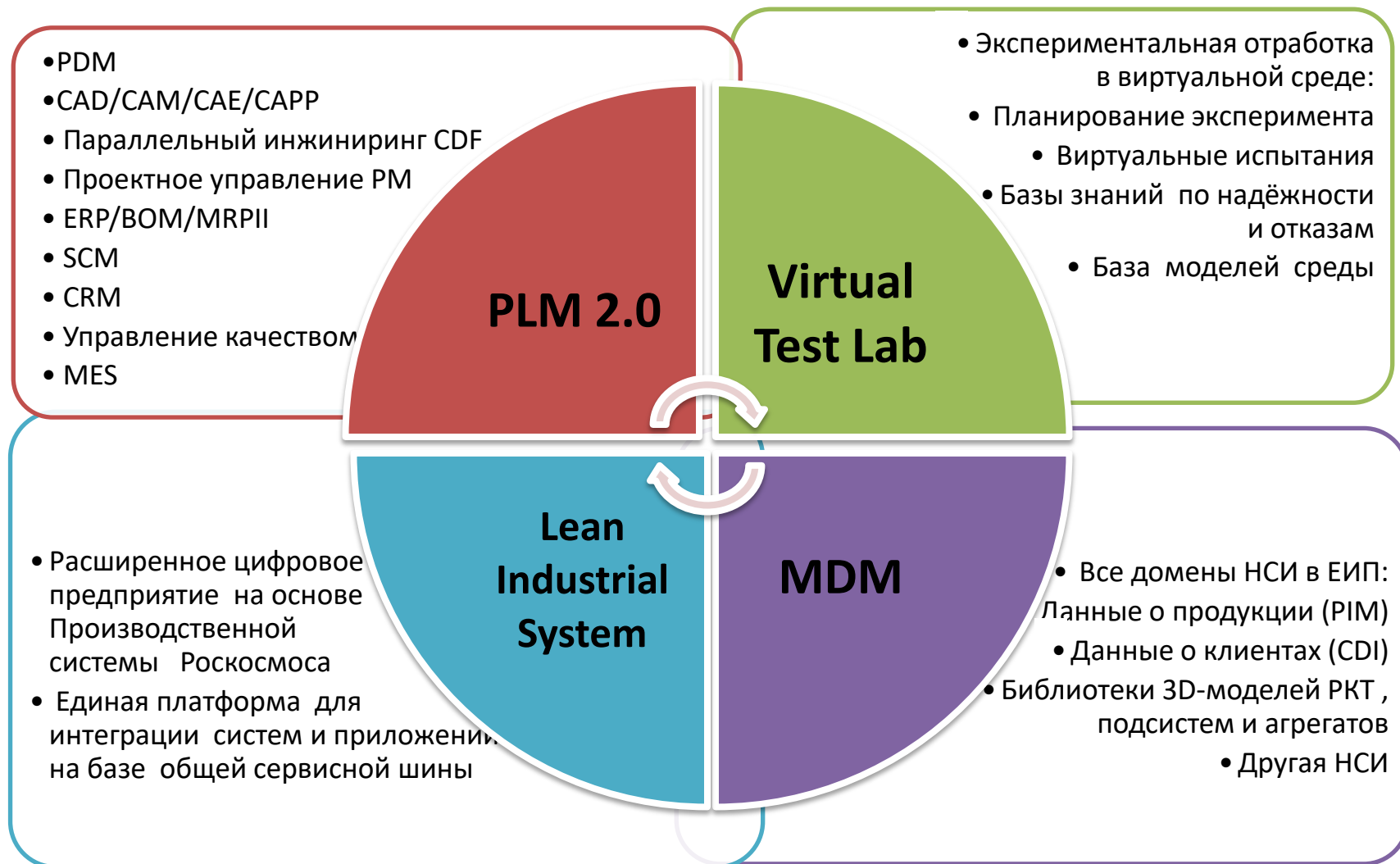
Анализ затрат ЦП в разрезе статей затрат контрактов и договоров по реализации ЦП:

- заработная плата
- налоги
- материалы
- прочие расходы
- сторонние организации
- прибыль
- капвложения и др.

Архитектура системы управления целевыми программами на основе ПК ФОРМАТ



Облик перспективной архитектуры комплекса систем сквозной цифровой поддержки полного ЖЦ РКТ в РКП



PLM 2.0: интеграция PLM+ERP в рамках ЕИП

- Ограничения PLM :
 - о мощностях предприятия и загрузке ресурсов, запасах материалов и оснастки, о финансовых и других возможностях предприятия, определяющих процессы заготовки и сбыта
 - у конструктора нет учета ограничений производства, возрастает объем работ для технолога по подготовке производства.
 - PLM-системы не содержат данных, определяющих характеристики изделия как товара (цена / качество/ срок изготовления), и не могут в реальном режиме времени обеспечить руководство информацией о предстоящих затратах и потребностях в ресурсах.
- ERP-система : не может снизить себестоимость изделия ниже «заложенной» в изделие техническими специалистами в ходе его проектирования, когда конструктором и технологом были определены материалы, оснастка и маршрут изготовления изделия.
- Цель интеграции систем PLM и ERP — добиться снижения затрат и себестоимости продукции, сократить сроки выпуска новых изделий, повысить конкурентоспособность предприятия, сделать его более прозрачным и управляемым

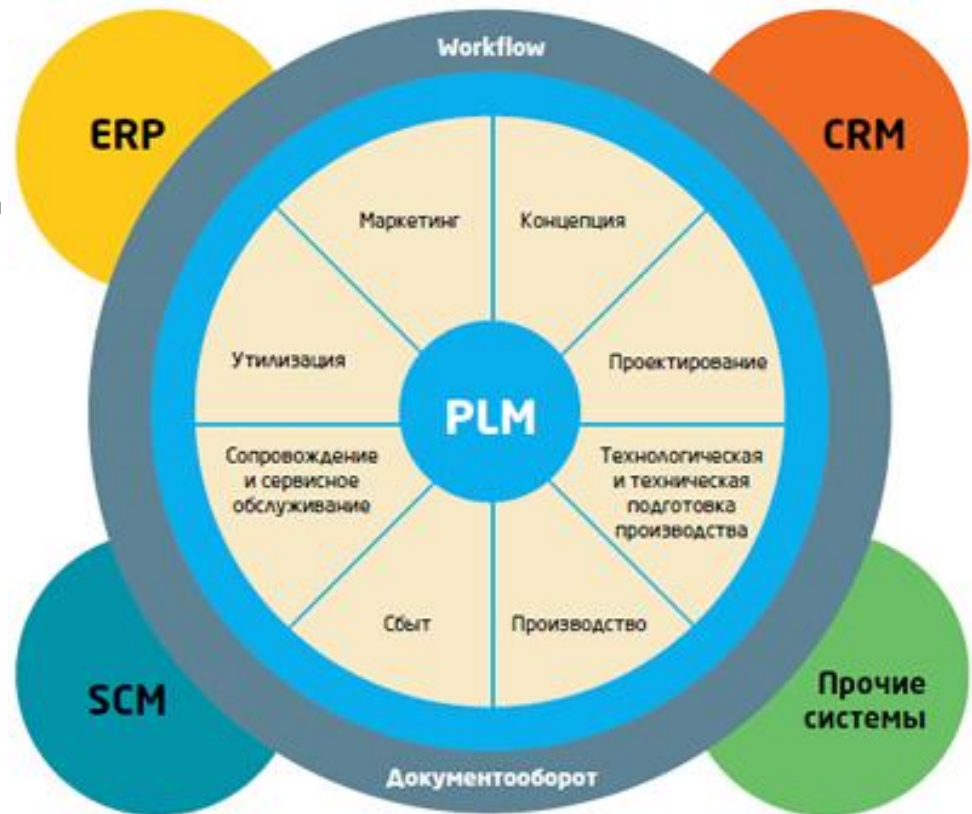


Рисунок. Информационная архитектура ИПК

Текущая ситуация по использованию методов и средств цифровой поддержки ЖЦ изделий РКО

№	Показатели	Мировая практика	РФ
1	Опыт внедрения сквозного решения PLM 2.0 для поддержки полного ЖЦ Ив РКО	Все ведущие компании – интеграторы и космические агентства с 2000 г.	Сквозного решения нет. Фрагментарное – на всех головных предприятиях РКО
2	Наличие долгосрочных отраслевых и корпоративных программ внедрения и развития сквозных PLM - решений	NASA (ICE), Boeing (FCS), LM(100+), Reythor EADS (Phenix)	Нет
3	Наличие доступных PLM и MDM решений и компаний разработчиков/интеграторов	Системы тяжёлого класса: PTC (США) Siemens PLM SW (США) Dassault Systems (Франция)	Системы среднего класса: ТОП Системы АСКОН, АДЕМ , SDI ТЕСИС
4	Риски ограничения доступа к лучшим мировым PLM-решениям	Нет	Есть. Высокие
5	Наличие центров параллельного проектирования (CDF) в РКП	Европа - 16 США - 18	Отсутствуют
6.	Длительность выполнения проектов от концепции до эскизного проектирования	От 3 до 8 месяцев	От полугода до 2 лет
7.	Длительность реализации проектных работ от концепции до приёмки РКТ в эксплуатацию (в относительных единицах)	1	3
8.	Производительность труда \$/чел x год	300 000	38 000
9.	Численность персонала в РКО	ЕС – 36000 США – 100 000	220 000

Проблемы внедрения PLM на предприятиях ГК Роскосмос

1. Нигде в отрасли PLM системы в полном объёме не внедрены для сквозной интегрированной поддержки жизненного цикла изделия (независимо от вендора!)
2. Головные предприятия-разработчики и изготовители РКТ внедряют PLM разного уровня, классов и производителей (т.н. «Зоопарк»)
3. Использование PLM систем в РКТ сопровождается высоким риском запрета на их использование и обслуживание со стороны разработчиков-вендоров в соответствии с «сертификатами конечного пользователя» (запрет на двойное применение)

4 ключевые причины такого состояния :

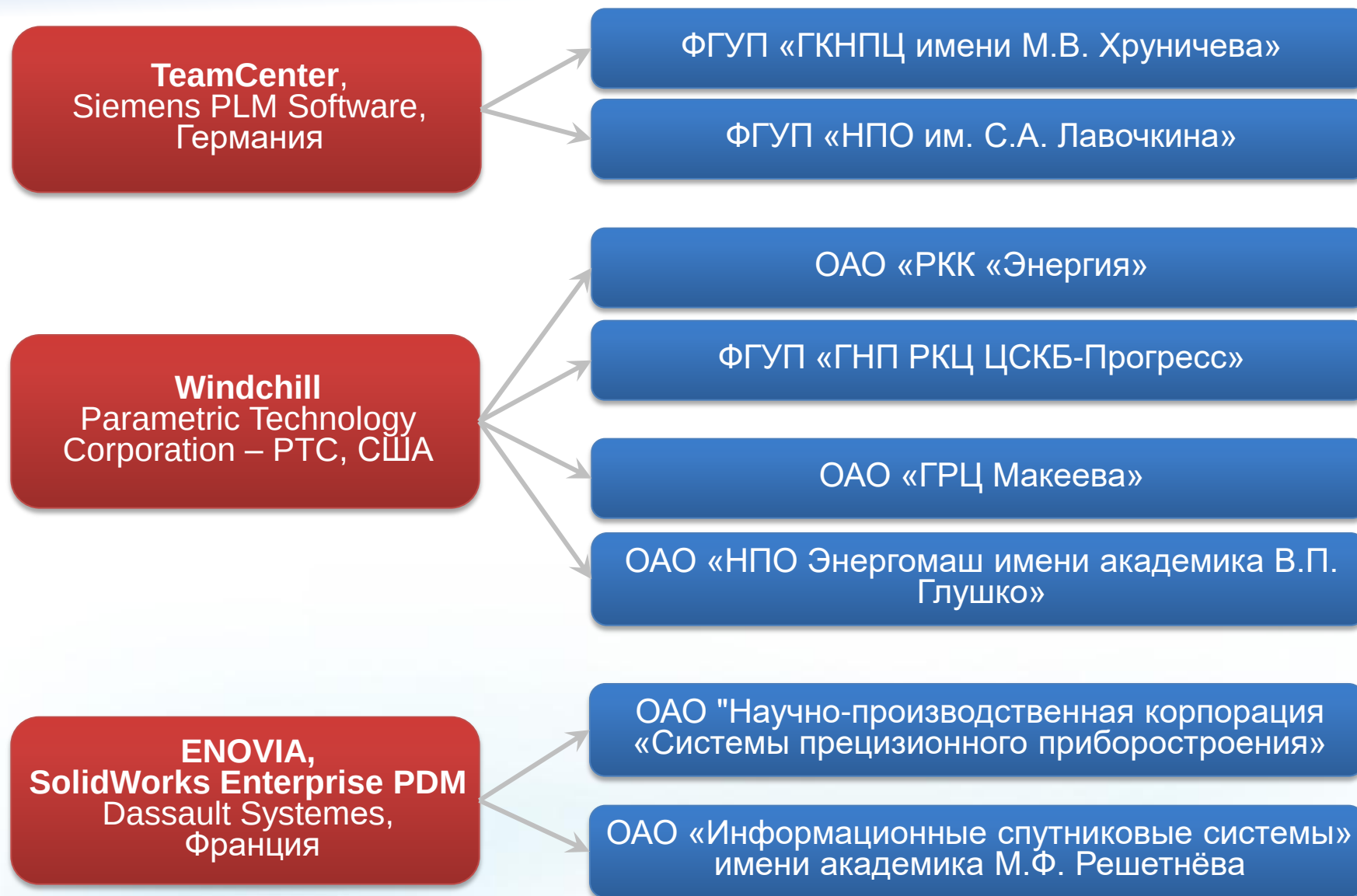
- Отсутствие отраслевых архитектурных стандартов для PLM систем учитывающих специфику предприятий РКТ. Отсутствие референтной отраслевой модели.
- Аналогичная ситуация с бизнес-процессами – в отрасли не формализованы бизнес-процессы разных уровней завязанные на PLM технологии
- Низкий уровень компетенции управления проектами внедрения PLM систем, разрыв между методиками внедрения западных вендоров и требованиями ГОСТ
- Не научились полноценно учитывать требования к информационной безопасности – в т.ч. по импортозамещению, ВП т.п.

Классификация ИС для поддержки ЖЦИ

№	Разработчик	PLM - платформа	CAD/CAM/CAE/CAPP PDM/MDM/MRO/SLM	Виртуальные испытания	Управление качеством	Годовой доход, \$
Системы коллективного пользования: параметризация, масштабируемость, ассоциативность, интегрированность, параллельный режим,						
1	PTC, США	Windchill	+	-	+	1,2 млрд.
2	Siemens PLM SW, США	Team Center	+	+	-	1,8 млрд.
3	Dassault Systems, Франция	ENOVIA	+	+	-	1,9 млрд.
4	АСКОН, РФ	Лоцман	+	-	-	20 млн.
5	T-FLEX, РФ	Tflex-PLM	+	-	-	10 млн.
Системы индивидуального пользования: решение узких задач в монопольном режиме						
6.	Autodesk, США	-	CAD/CAE	-	-	2,8 млрд.
7.	ADEM, РФ	-	CAD/CAPP/CAM	-	-	10 млн.
8.	ТЕСИС, РФ	-	CAE			5 млн.
9.	Solid Works, Франция		CAD/CAE			720 млн.
10	Solid Edge, США	-	CAD/CAE			910 млн.
11	WinMachine, РФ	-	CAE			7 млн.

Ежегодные расходы на развитие ПО ~ до 20% от выручки

Технологические платформы PLM-систем, применяемые в головных компаниях ГК Роскосмос



Термины и определения (1)

- CAD (Computer Aided Design) – программный комплекс для автоматизированного 3D проектирования
- CAE (Computer Aided Engineering) – программный комплекс для решения инженерных задач (расчёт, анализ, симуляция физических процессов (ANSYS, NASTRAN, P-CAD) (аналогом CAD +CAE является САПР)
- CAM (Computer Aided Manufacturing) - подготовка технологического процесса производства с использованием компьютера, включая подготовку компьютеризованного производства (станки с ЧПУ) конкретных изделий и программно-вычислительные комплексы, используемые инженерами-технологами. Суть – автоматизация программирования ЧПУ (карты) с использованием библиотек и справочников станков и инструментов, а также справочников материалов и ПКИ (аналог АСУ ТП)
- CAPP (Computer Aided Process Planning) – автоматизированная система технологической подготовки производства: проектирование техпроцессов, формирование маршрута изготовления, последовательность операций изготовления и сборки (САПР ТП)
- PDM (Product Data Management) – система управления данными об изделии (сбор, хранение и передача данных) в любом формате в структурированном виде в соответствии с правами доступа
- MDM (Master Data Management) – система предприятия (корпорации, отрасли) для «глобальной идентификации» (сбора, хранения, семантического поиска) в едином информационном пространстве номенклатурных объектов, информация о которых разнесена по различным прикладным системам (ERP,PLM) с целью исключения дублирования информации
- ERP (Enterprise resource planning) — методология и система эффективного планирования и управления всеми ресурсами предприятия, которые необходимы для осуществления продаж, производства, закупок и учета при исполнении заказов клиентов в сферах производства, дистрибуции и оказания услуг. Информация об изделии приходит извне (из PLM)
- CRM (Client Relationship Management) - система взаимодействия с заказчиками
- SCM (Supply Chain Management) – система взаимодействия с поставщиками (цепочка создания ценности)
- BOM (Bill of Materials, BOM) – ведомость, номенклатурный перечень материалов и комплектующих, их количества для производства некоторого узла или конечного изделия
- MES (Manufacturing Execution System) - система управления производственными процессами для плана, синхронизации, координации, анализа и оптимизации выпуска продукции (предприятие, цех)
- PM (Project Management) – система управления проектами

Термины и определения (2)

- **Ожидаемые выгоды от коммерциализации космической деятельности (КД):**
 - Макроэкономические выгоды: стимулирование развития экономики, рост занятости, расширение налогооблагаемой базы, укрепление конкурентоспособности отраслей, в т.ч. базовых отраслей 6-го технологического уклада, удовлетворение потребностей социально - экономического развития ...
 - Интенсификация жизнедеятельности космической отрасли за счёт негосударственных инвестиций
 - Вклад в развитие национальной инновационной системы (через доступ к инновационным результатам КД)
 - Повышение роли государства в качестве заказчика продукции и услуг РКП, перенос на бизнес ответственности за содержание и развитие активов ракетно-космической промышленности
 - Повышение эффективности управления отраслью за счёт использования передовых технологий менеджмента (индикативное управление/KPI, BSC; ценностный подход/VBM; стимулирование роста бизнеса за счёт рыночной капитализации и др.)
- **Критические факторы успеха коммерциализации КД:**
 - Благоприятная макроэкономическая среда (ВВП рс, ПИИ, рынок рабсилы, стоимость кредита, курс, TAX, CAPEX, инфл.)
 - Наличие **конкурентного рынка высокотехнологичной** продукции и услуг КД на основе инноваций и вовлечения результатов интеллектуальной деятельности в хозяйственный оборот (рынок ИС в обороте ОЭСР– 70%, в РФ-1%)
 - **Развитое нормативно - правовое обеспечение** - правовые гарантии охраны и передачи бизнесу **прав на РИД**, полученные за счёт госфинансирования НИОКР (в США – Акты: Бай-Доула/прямые финансирование/1980; Стивенсона-Уйдлера/1980-совместное использование РИД нац. лабораториями (более 700), университетами и бизнесом); **госгарантии** по привлечению малого бизнеса в НИОКР (в США программа SBIR/1982 – не менее 1,25% от бюджета НИОКР госструктур); затраты SME ОЭСР в R&D – 1,6 трлн\$ в 2016 г. в РФ ст.772 ГК РФ, ФЗ 217 о МИП
 - **Организационно-финансовое обеспечение**– инвестиционная инфраструктура, в т.ч. частные и государственные источники и операторы инвестиционных проектов, национальные программы развития технологических платформ; система центров передачи технологий (spin-off/spin-in); бизнес-инкубаторы и технопарки, территориальные кластеры
ГЧП – главная форма альянса для снижения рисков коммерциализации
 - **Кадровое обеспечение** управления инвестиционной/коммерческой деятельностью в ракетно-космической отрасли

Термины и определения (3)

- **Космический рынок – часть глобального рынка продуктов и услуг, в том числе создаваемых на базе новых технологических платформ:**

- Авиакосмические и промышленные технологии
- Транспорт (ДЗЗ, навигация, связь)
- Информационно-коммуникационные технологии (генерация и передача информации, цифровые средства разработки РКТ)
- Сельское хозяйство (ДЗЗ и ВТН)
- Новые вещества, материалы и покрытия (передача технологий, микрогравитация)
- Обеспечение безопасности (все виды РКТ)
- Медицина и биотехнологии (микрогравитация, пилотируемый космос)
- Поиск и добыча природных ресурсов (ДЗЗ, ВТН)
- Экологическое развитие
- Энергетика (СВЧ, солнечная и водородная энергетика, ядерная энергетика, ресурсосбережение, источники питания) и др.

В перспективе - добыча внеземных природных ресурсов, космическая энергетика, управление средой обитания, создание материалов и веществ с заданными свойствами, дигитализация жизнедеятельности

- **Основные составляющие/участники космического рынка:**

- **Внутренние** – создатели инфраструктуры космической деятельности (Upstream): пусковой сегмент (РН и космодромы), наземный и орбитальный сегменты
- **Внешние** - внеотраслевые потребители результатов космической деятельности (Downstream): B2G, B2B, B2C в любых сферах жизнедеятельности (ОИВ, МО, наука, телеком, транспорт, с/х, ЗХ, образов. и др.)

Термины и определения (4)

- **Основные тренды развития коммерциализации космической деятельности:**
 - Технологические прорывы в снижении барьера входа в космическую деятельность (МКА, модульность, миниатюризация, многоразовость, ремонтпригодность) и рисков космического бизнеса
 - Новые возможности коммерческого использования результатов космической деятельности на базе новых технологий (BTH, мониторинг, microG...)
 - Переход к сервисно-ориентированной парадигме космической деятельности (пусковые услуги, услуги телеком, NAVI, ДЗЗ, MRO, OEM/, финансовые услуги); покупаются конечные возможности и услуги, а не сам продукт, их создающий.
 - Рост бизнеса в форме партнёрств/альянсов (в т.ч. ГЧП), на основе создания технологических платформ и территориальных кластеров
 - Организационная гибкость бизнес структур, оптимизирующая состав технологических цепочек для обеспечения конкурентоспособности бизнеса
 - Ограничения конкурентной среды, вызванные глобализацией космического рынка и контролем доступа к технологиям
 - Рост интереса сопряжённых отраслей к участию в коммерческих космических проектах
- **Базовые предпосылки для бизнес кейса коммерциализации**
 - Достоверные исходные данные для оценки, в том числе о зрелости технологий, стоимости, рисках
 - Финансовый аргумент (привлекательность) для обоснования работ, анализа сценариев, реализуемости
 - Методическое обеспечение, инструментарий и опыт оценки ROI, выхода на прибыльность коммерческих космических проектов
 - Способность захвата и приоритизации (защиты прав) инициативы коммерческих проектов
 - Идентификация и привлечение надёжных источников финансирования
 - Определение драйвера проекта в форме потребителя (оценка рынка)
 - Немедленная трансляция целей и задач в Прибыли и Убытки, умение считать NPV, TV, APV
 - Наличие системы управления безубыточностью
 - Умение создавать производственно-технологические цепочки и управлять ими

Производительность труда

- **Производительность труда́** (*Labor productivity*)— показатель, характеризующий результативность труда. отображающий численное значение количества продукции за единицу времени.

- **Методы определения трудоёмкости:**

Натуральный – показатели в натуральных величинах (шт., м, кг...) для неизменных условий труда и выпуска однородной продукции на одного работника в единицу времени.

Стоимостной - это стоимость продукции (выручки) в сопоставимых или реализационных ценах в расчете на 1 человеко-час, 1 человеко-день или в среднем на одного работника. Или отношение **величины добавленной стоимости**, скорректированной на инфляцию, к средней списочной численности персонала.

- **Трудоёмкость** - обратная величина производительности— измеряется количеством времени, затрачиваемым на единицу продукции
- **Фактическая производительность труда** (выработка) P_{fact} обратно пропорциональна трудоёмкости и определяется из непосредственно наблюдаемых данных по формуле:

$P_{\text{fact}} = Q_{\text{fact}} / t_{\text{fact}}$ где Q_{fact} — фактический выпуск продукции в единицах измерения данного вида продукции, t_{fact} — фактические затраты живого труда в единицах времени.

- **Формы трудоёмкости:**

Общественная – соотношение ВВП к численности работников в материальной сфере.

Индивидуальная - время при производстве 1 ед. продукции.

Локальная – производительность труда на конкретном предприятии либо отрасли.