

Интегрированная среда разработки космических программ и проектов в параллельном режиме

А.Б.Цветков

к.т.н., проректор НОУ ДПО «ИПК Машприбор»

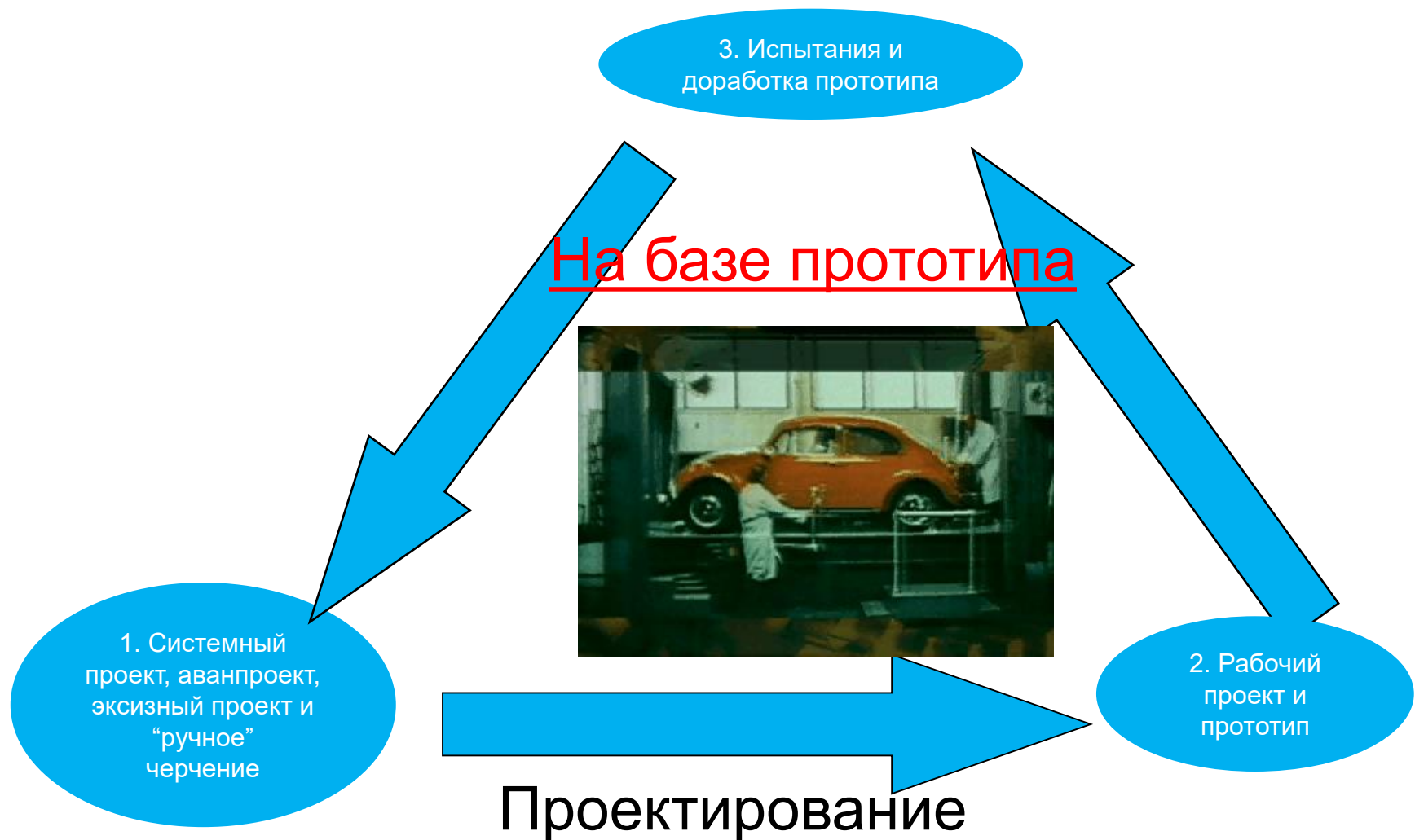
ИПК Машприбор, Королёв

2010

Технология параллельного проектирования в системе разработки образцов новой техники в авиакосмической промышленности (АКП)

- «Полномасштабное использование современных решений и технологий в области информационной поддержки жизненного цикла изделий входит в число **основных задач ОПК, требующих безотлагательного решения**» (Совещание под руководством Президента РФ Д.А.Медведева в ОАО «ВПК «НПО Машиностроения», г. Реутов, 6.10.2009)
- Технология «параллельного проектирования стратегических инженерных решений Concurrent Design Facility (CDF) Европейского космического агентства» предложена в качестве «иностранной технологии, рекомендуемой к приобретению в целях разработки перспективных образцов ВВСТ» (решение секция НТС №11 при Военно-промышленной комиссии РФ от 16.09.2010)
- Комплексы CDF имеются во всех зарубежных космических агентствах стран-лидеров КД, а также в ведущих аэрокосмических компаниях мира
- Учебные центры CDF созданы в ряде ведущих университетах мира США и Европы, обучающих специалистов для АКП

Последовательный цикл разработки «вчера»



Параллельный цикл разработки «сегодня»



Эволюция парадигмы разработки изделий авиационной и космической техники (взгляд LMS 1)



Эволюция парадигмы разработки изделий авиационной и космической техники (взгляд LMS 2)

Функционально-ориентированное проектирование, основанное на испытаниях и имитационном моделировании систем, изделий и их компонентов «по частям» (в основном через механические, аэродинамические и тепловые испытания) не в полной мере отражает специфику современного проектирования, предусматривающего обеспечение целевых параметров разработки при комплексном воздействии условий функционирования

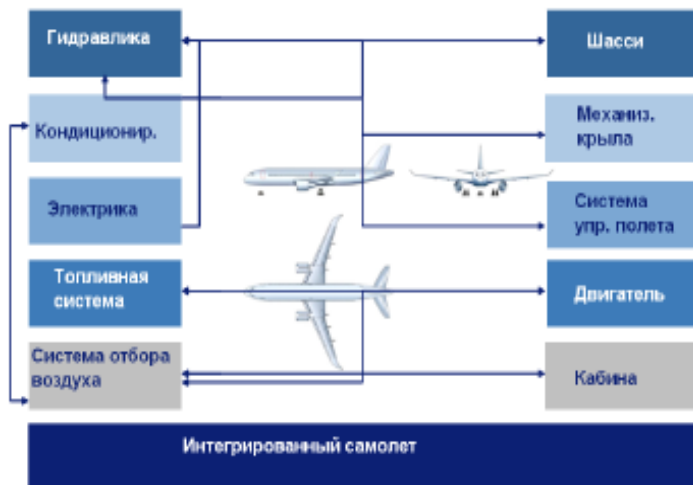
Интегральное физическое и виртуальное прототипирование



Появление электроники (датчиков и контроллеров) в составе комплексных изделий автомобильной техники изменило подход к достижению целевых параметров таких как: управляемость, плавность хода, безопасность и т.д. Чисто механического функционала имитационных моделей стало явно недостаточно для процесса принятия решения в инжиниринге функциональных целевых параметров изделия.

Эволюция парадигмы разработки изделий авиационной и космической техники (взгляд LMS 3)

«Исторически проектирование систем было успешным в том плане, что разработка систем шла последовательно с их усложнением. **Но существует огромная разница между усложнением и комплексностью.** Сложный означает декомпозируемый (разложимый) на элементы, на этом и основывался процесс проектирование систем. Комплексные (интегрированные) системы более не являются разложимыми на элементы, поэтому проектирование систем должно адаптироваться к этим новым реалиям» **Джефф Вилкокс, Вице-президент по Инжинирингу компании Lockheed Martin, Aviation week, November, 2010**



- Комплексность в авиации перешла тот рубеж, за которым изолированное проектирование систем стало одной из причин задержки всех последних авиационных программ
- Все разработчики PLM систем включили в состав продуктов инжиниринг требований
- Выход в переходе от инжиниринга систем на основе обмена документами к инжинирингу на основе имитационных моделей

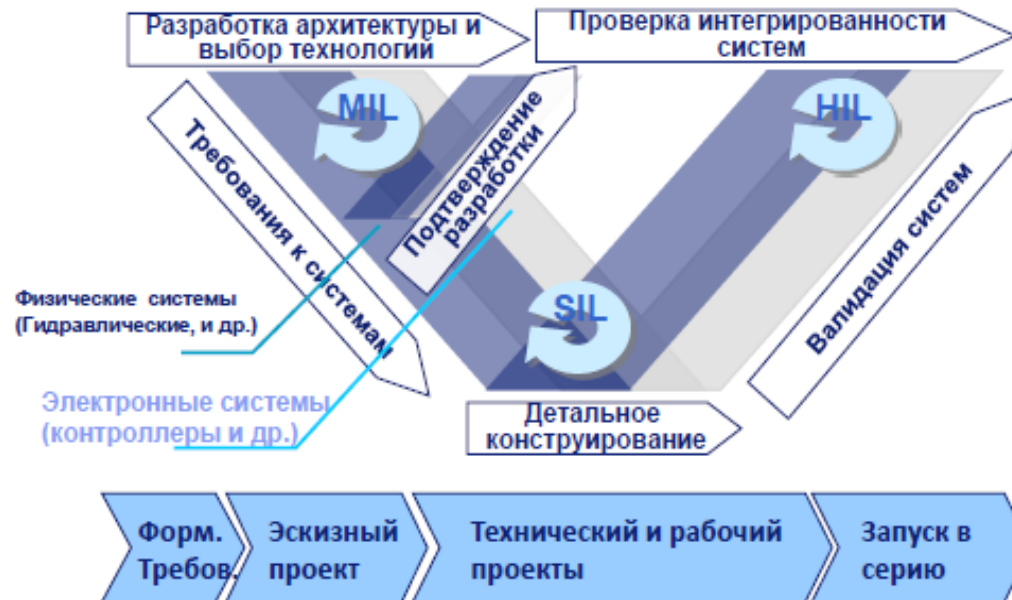
Инновационные цели инжиниринга в АКП

- Инновационность продуктов
 - Экологичность
 - Экономичность
 - Ценовая эффективность
 - Энергоэффективность
 - Новые компоновки
 - Новые материалы
 - Новые энергоустановки
 - Новые электрические и электронные компоненты
- Инновационность процессов
 - Транснациональное управление
 - Ужесточение требований по цене и срокам
 - Комплексность изделий, узлов, компонентов снижающих возможности декомпозиции
 - Расширение масштабов распределённой цепи поставщиков за границы традиционной кооперации
 - Сокращение цикла разработки на основе параллельности и виртуального прототипирования

Типичные проблемы традиционной технологии проектирования изделий в АКП

- Проектирование ведется под **фиксированные граничные условия и требования, которые на начальных стадиях имеют существенную неопределенность по характеристикам заказываемых узлов и агрегатов**
- Отсутствие механизма для постоянной оценки **влияния изменения проектных параметров на работу самих систем, совместную работу нескольких систем или всех систем на ранних стадиях проектирования**
- **Количество имитационных моделей изделия равно количеству систем и даже подсистем**
- Из-за нехватки времени на расчеты, часто доводка и перепроектирование ведутся **методом «проб и ошибок» и проводится большое количество дополнительных испытаний**

Переход к модельно-ориентированному процессу проектирования авиакосмических систем (LMS)



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 многодисциплинарных виртуальных моделей систем изделия в единую модель Virtual Integrate Aircraft
- Виртуальные, гибридные и физические испытания систем (MIL, SIL, HIL), включая Virtual Iron Bird

Эффективность данного подхода (LMS)



- 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

Concurrent Design Facility (CDF)

- Центр параллельного проектирования

CDF (или CDE): общие сведения

- **Дата создания** первых версий CDF: NASA/JPL, США -1996 год; EKA/ESTEC, Европа - 1998 год
- Первоначальной задачей CDF была «внутриагентская» предварительная системная проработка, определение технологических и стоимостных параметров проектов для «аргументированного разговора» Агентства, как **Заказчика с прайм-контрактором** и другими субподрядчиками проектов при подготовке техзаданий и контрактов.
- CDF сегодня – это интегрированная проектная среда, используемая для ускоренной реализации методом мозгового штурма всех программ и проектов Агенств на этапах разработки от предварительных системных исследований до начала рабочего проектирования.
- CDF – инструмент для междисциплинарного и внутриорганизационного руководства проектами на основе методологии Параллельного Проектирования
- CDF – инструмент для **капитализации знаний** по всем проектам NASA, EKA и других агентств
- CDF – инструмент для **тренинга** и повышения **квалификации** специалистов.
- **Особенности технологии применения CDF:**
- Создание междисциплинарной команды и развитие техники и навыков параллельной работы по всем ключевым областям проекта: системный инжиниринг и программатика, моделирование в 3D, конструкция и прочность, теплообмен, аэрогазодинамика, баллистика, двигатели, бортовое и наземное оборудование, связь, управление работой системы, экономика, риски, технологические и эксплуатационные параметры системы и среды, управление проектом и пр.
- Интеграция верифицированного ПО, проектных данных, баз данных, архивов и шаблонов моделей проектов
- Минимизация времени на общее понимание задач и проблем проекта, коммуникацию участников работы, обмен данными, на ошибки в настройках оборудования и ПМО
- Периодическая работа проектной группы на площадке CDF (2-3 раза в неделю) в режиме мозгового штурма.

Опыт внедрения CDF в агентствах, промышленности и образовании

- Космические агентства: NASA (the Collaborative Modeling for Parametric Assessment of Space Systems - COMPASS), ESA/ESTEC, CNES, DLR, ASI, JAXA
- Промышленность: Boeing, Lockheed Martin, Airbus Space& Defense, Thales Alenia Space, RHEA Group, CASC, SAFRAN, Mitsubishi HI
- Университеты: MIT, Stanford, Cranfield, TU Munich, La Sapienza, ISU (Страсбург)
- В РКП России отсутствует промышленный опыт создания CDF.
- В 2014 г. анонсировано создание Центра параллельного проектирования в авиационной отрасли РФ на основе платформы Teamcenter/SIEMENS на базе холдинга «Авиационное оборудование»
(<http://soyuzmashmoscow.ru/news/facility/580/>)

CDF: эффект использования

Выигрыш:

- Длительность работ: 3-6 недель вместо 6-9 месяцев (т.е. сокращение времени на разработку в 4-6 раз)
- Сокращение стоимости проектных работ - более чем в 2 раза
- Увеличение годового объёма проектных проработок

Улучшение качества и глубины проектных проработок, снижение рисков, повышение уровня доверия у Заказчика (на площадке CDF предусмотрены рабочие места для представителей Заказчика)

Технические отчеты CDF становятся **частью спецификации** для входа в последующие фазы разработки программ и проектов

Стоимостные данные становятся реперными показателями **независимой оценки Заказчика по стоимости проектных работ**

Капитализация корпоративных знаний для дальнейшего повторного использования наработок через создание архивов шаблонов проектов

Превращение CDF в эффективный **инструмент подготовки и принятия решений**

Стоимость создания CDF «под ключ» – около 1 млн. евро

Центр параллельного проектирования (CDF) в ЕКА



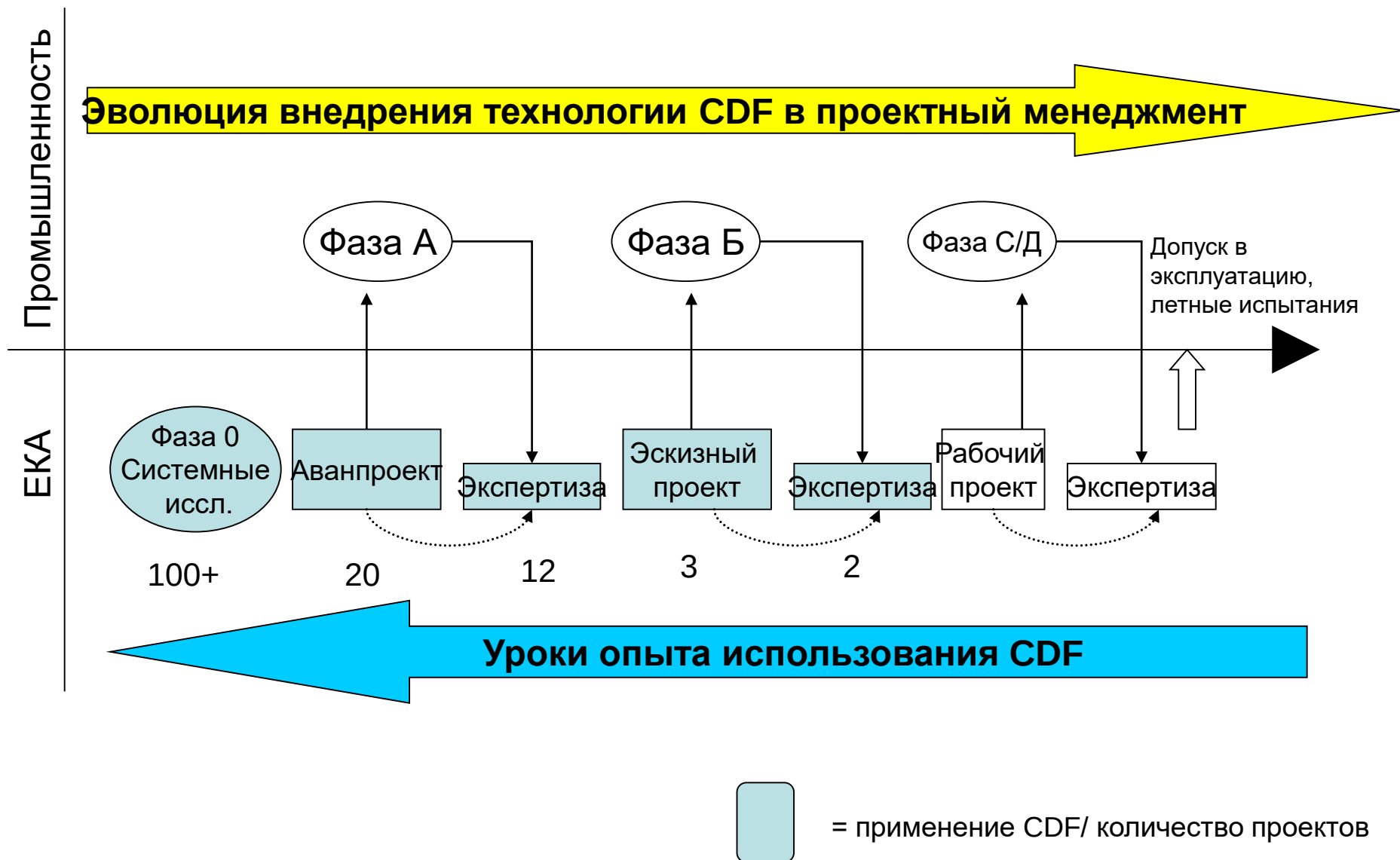
Характеристика основного оборудования CDF:

- мощная ЛВС с интегрир. ПО для сквозного парал. проектирования
- 6 x 2 м интерактивный проекционный экран и система отображения со встроенным интерфейсом в моно-и стерео режимах с возможностью пользователей передавать и брать объекты и информацию с больших экранов на компьютер
- 16:9 Smart Board ,
- 4 боковых ЖК-экрана для вспомогательной информации
- 30 рабочих станций, настраиваемых на любые дисциплины в зависимости от выбранных проектов
- 4 сервера, периферия, микрофоны, web-камеры и др.оборуд.

Типовое программное обеспечение CDF

Области знаний	Программное обеспечение
Энергетика	PowerCAP
Программатика	Primavera, MS Project
Риски	Ceris, MS Access, Matlab
Конструкция, конфигурация, адаптация, механика	CATIA, PATRAN, NASTRAN SimDesigner
Тепловой режим	ThermXL, ANSYS
Моделирование динамических задач	DCAP, Adams, MECANO, SimPack
Стоимостная оценка, экономика, cost engineering	PRICE-H, TRANSCOST

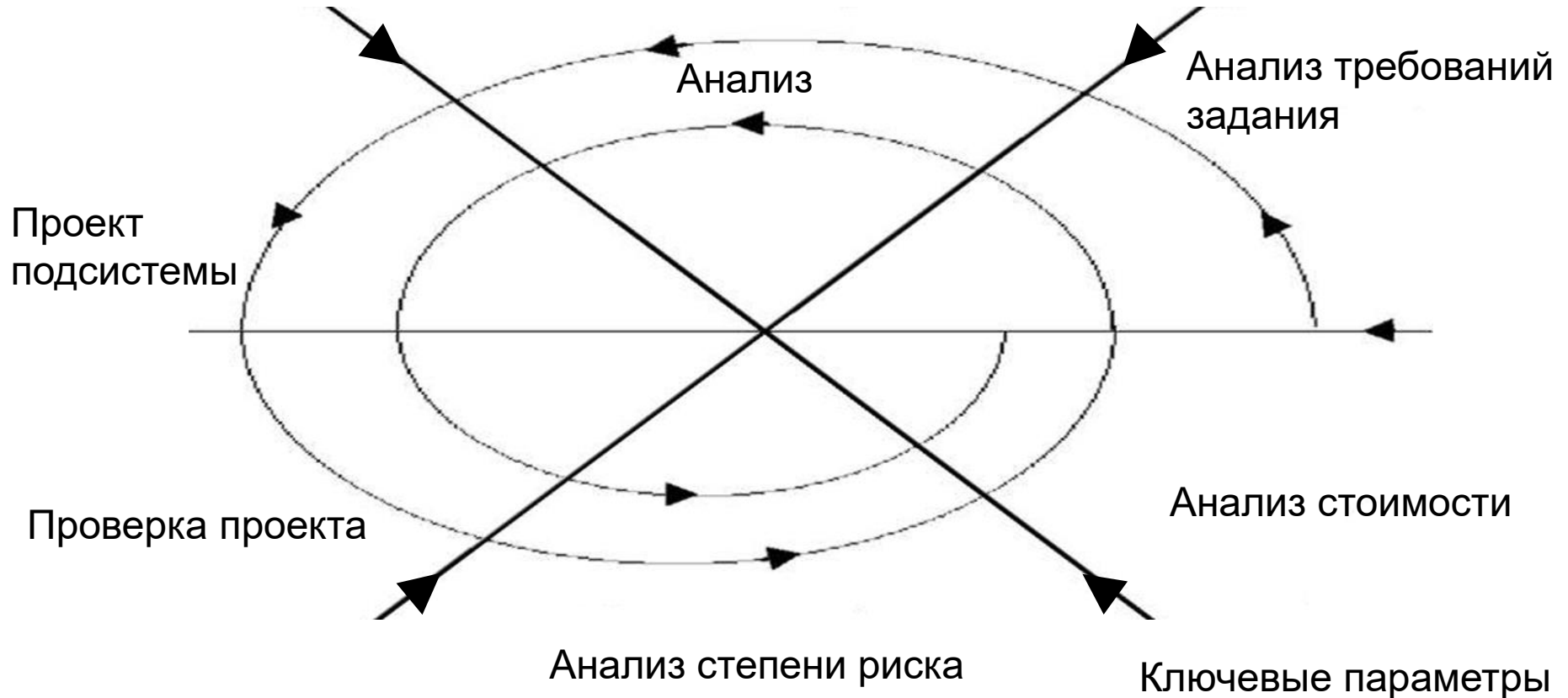
CDF и жизненный цикл проекта



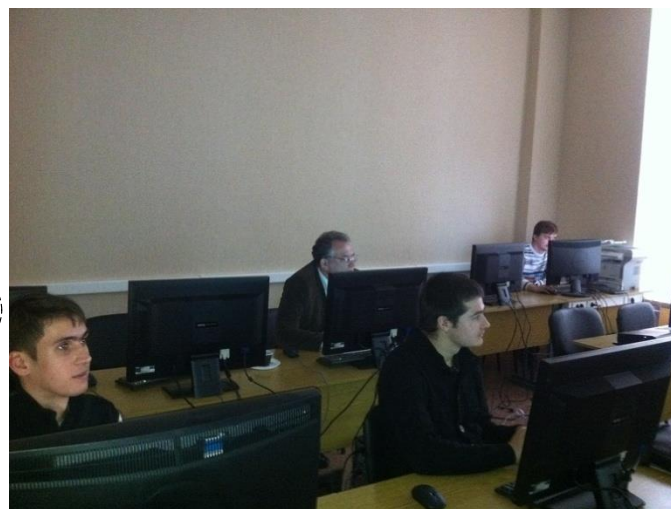
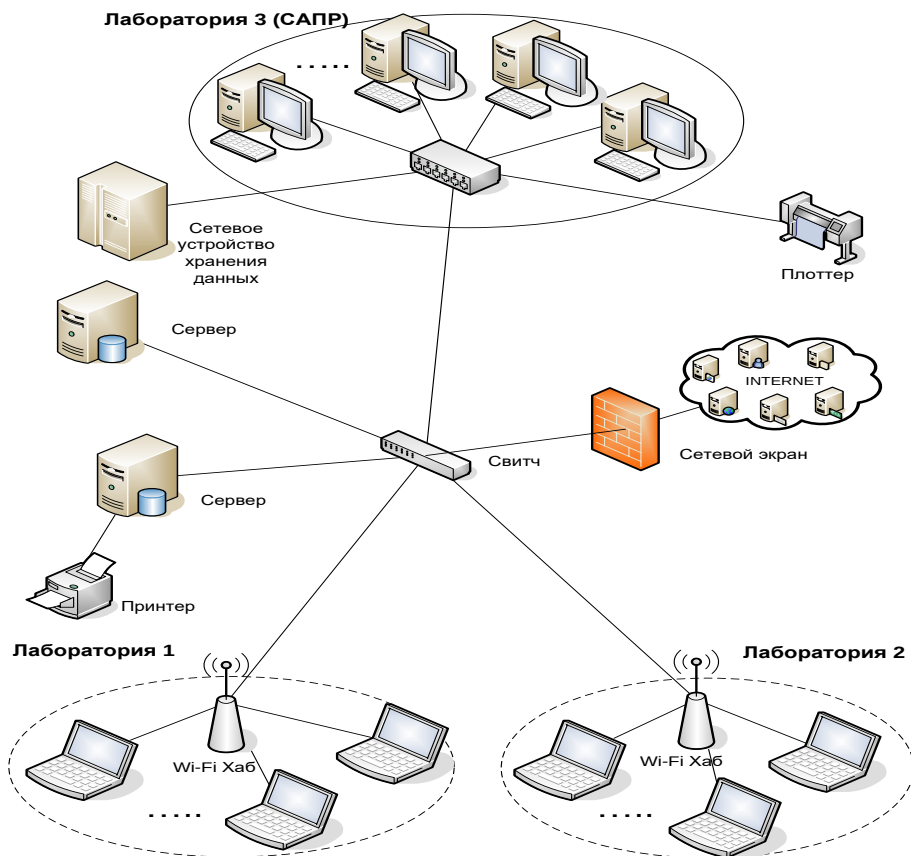
CDF : инструмент для формирования интегрированной среды проектирования



Параллельное проектирование: спиральная модель



Корпоративный учебный центр ИПИ - Технологий в ИПК Машприбор



Разработка компьютерных макетов для учебных задач параллельного проектирования изделий РКТ

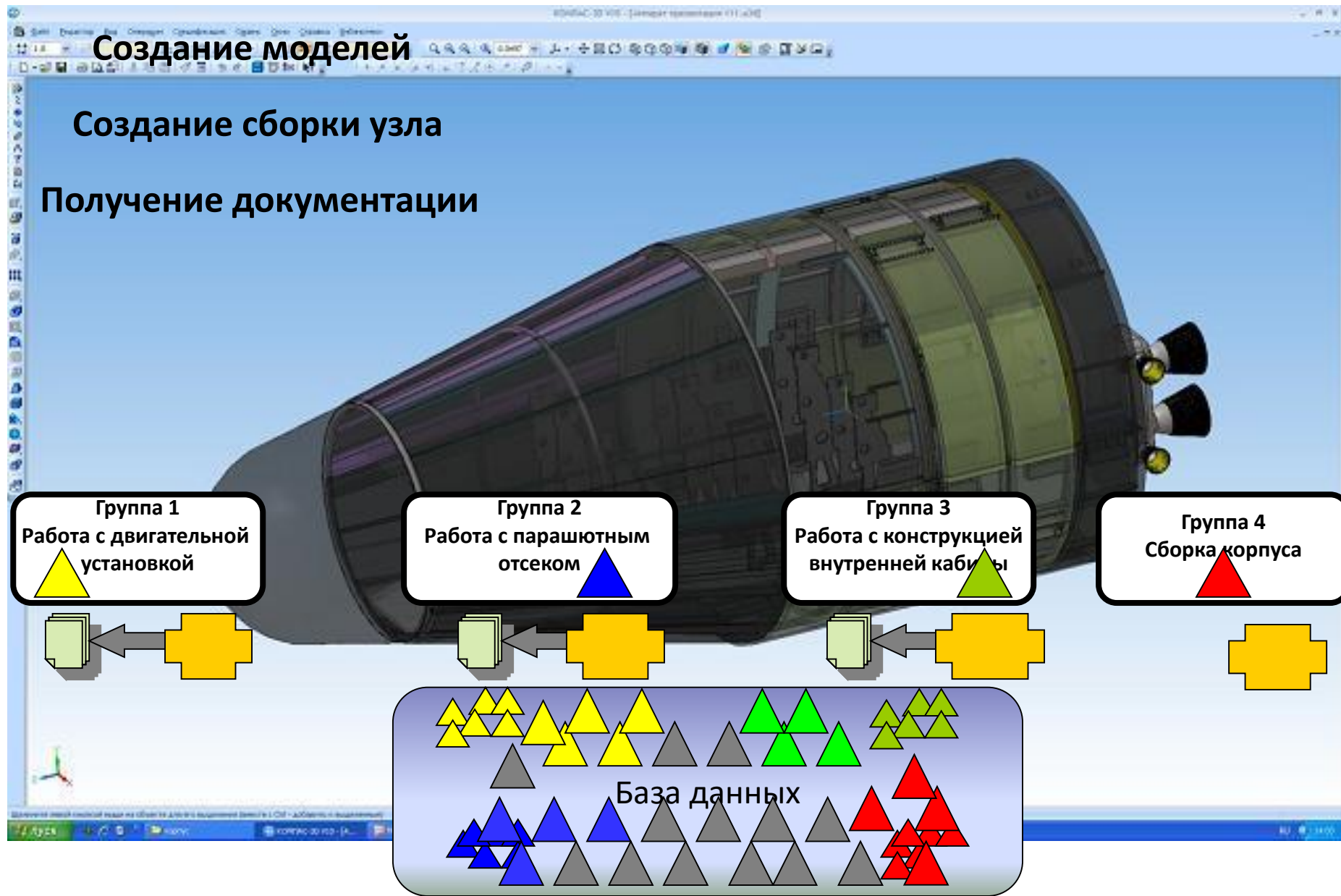


Элементы техники проектирования в параллельном режиме работы

Создание моделей

Создание сборки узла

Получение документации



Заключение

- Традиционные методы инжиниринга авиакосмических систем более не позволяют создавать современные изделия
- Переход от документо-ориентированного инжиниринга к модели-ориентированному инжинирингу обеспечивает контроль выполнения требований
- Системный инжиниринг нельзя обеспечить простым приобретением лицензий, это процесс построения новой технологии инжиниринга **во всей цепочке поставщиков** головных разработчиков
- Разработка интегрированной цифровой модели изделий и комплексов авиакосмических систем на базе технологии CDF является обязательным этапом современного подхода к их проектированию и ситуационному сопровождению на всех этапах жизненного цикла.
- Эффект потенциальной экономии от внедрения модели-ориентированного инжиниринга в АКП составил ~135M€ при инвестициях порядка 1% от указанной суммы (опыт ESA)