

Лаборатория
Вычислительных
Комплексов

Технология и инструментальные средства поддержки жизненного цикла ПО бортовых вычислительных систем

Балашов В.В.
к.ф.-м.н, м.н.с.

РАЗРАБОТКА БОРТОВОГО ПО – ТЕХНОЛОГИЧЕСКИ И ОРГАНИЗАЦИОННО СЛОЖНЫЙ ПРОЦЕСС

План доклада

- Специфика бортовых ВС
- Жизненный цикл бортового ПО
- Инструментальные средства разработки бортового ПО
- Технологическая цепочка средств разработки бортового ПО
- Стенды отработки бортовых ВС

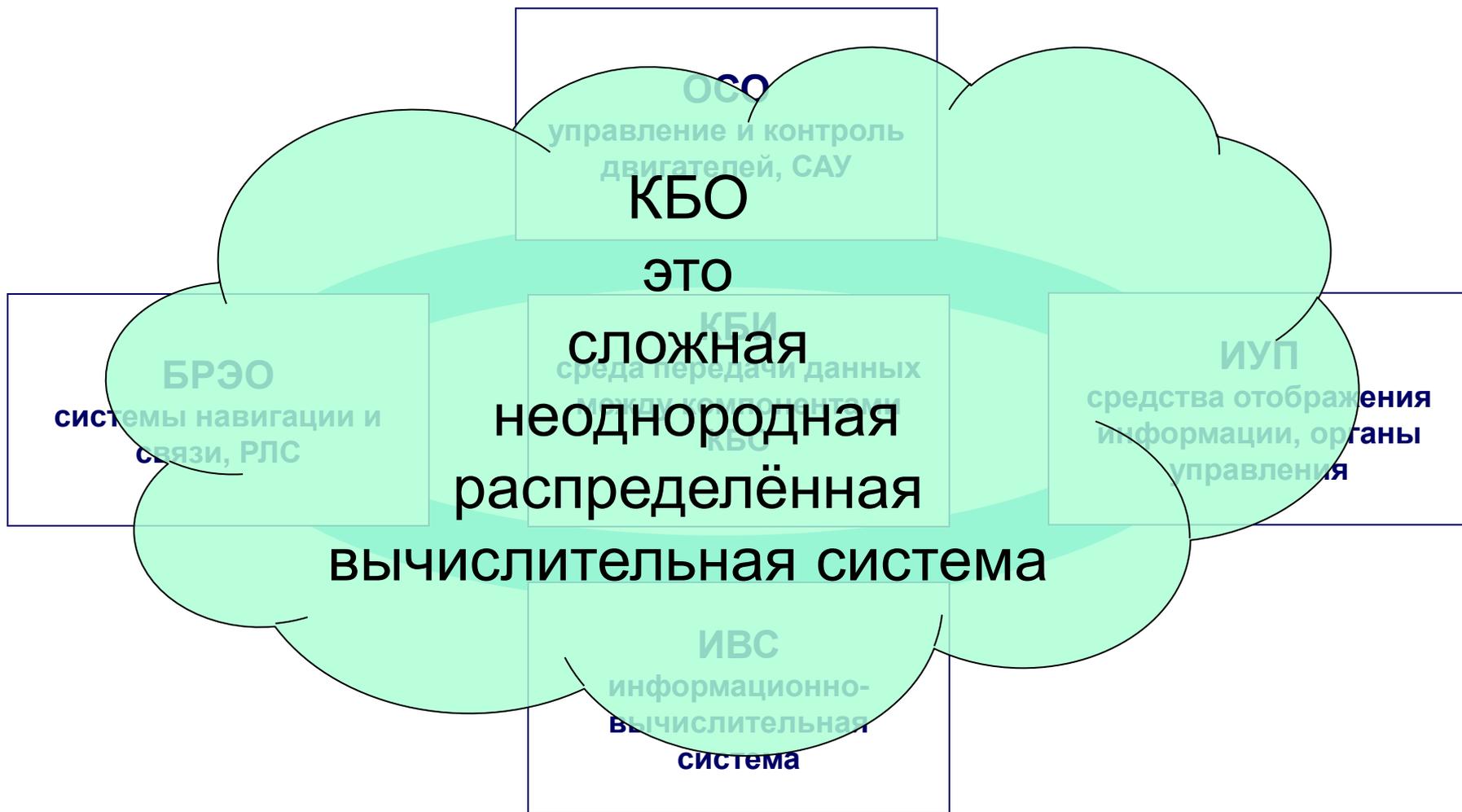
План доклада

- **Специфика бортовых ВС**
- Жизненный цикл бортового ПО
- Инструментальные средства разработки бортового ПО
- Технологическая цепочка средств разработки бортового ПО
- Стенды отработки бортовых ВС

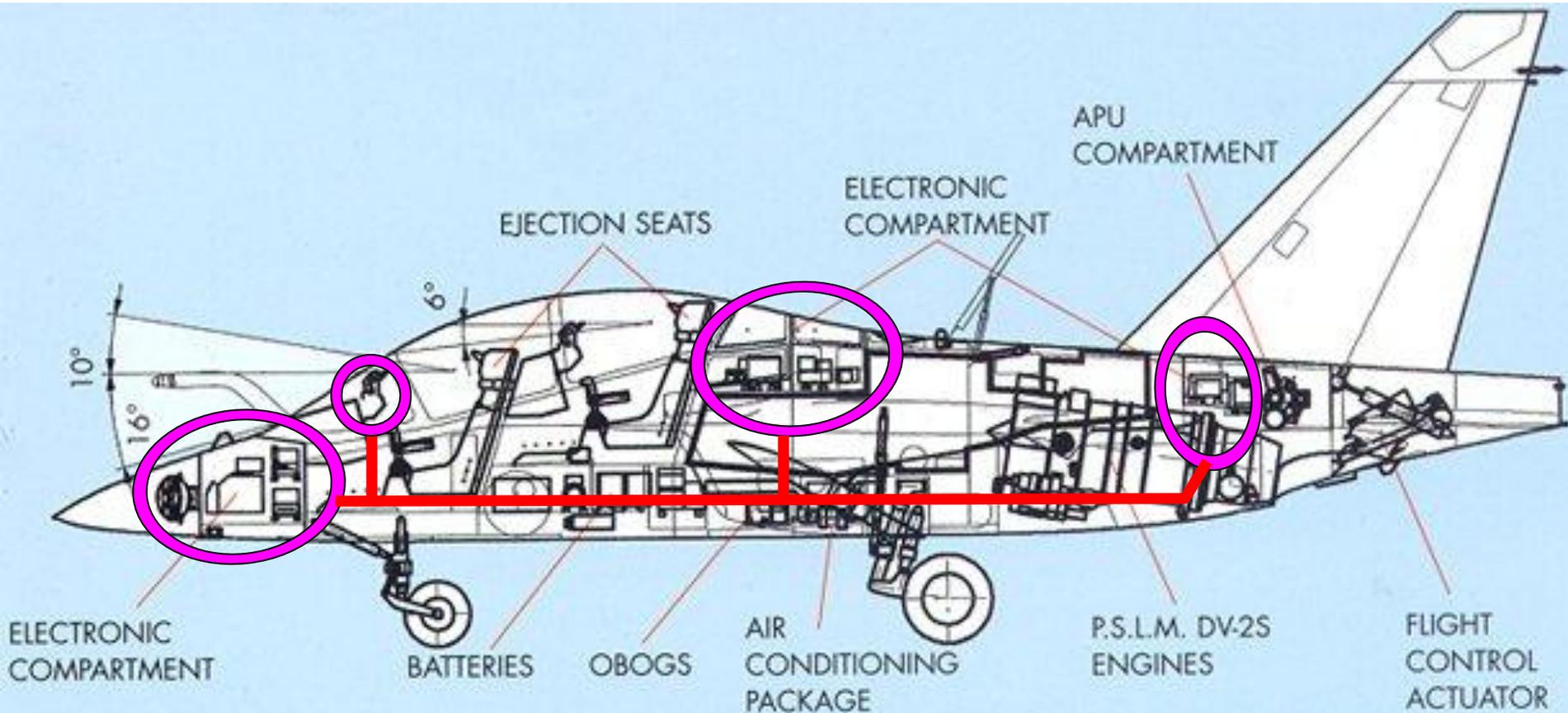
Комплекс бортового оборудования



Комплекс бортового оборудования



Расположение элементов КБО



Специфика бортовых ВС

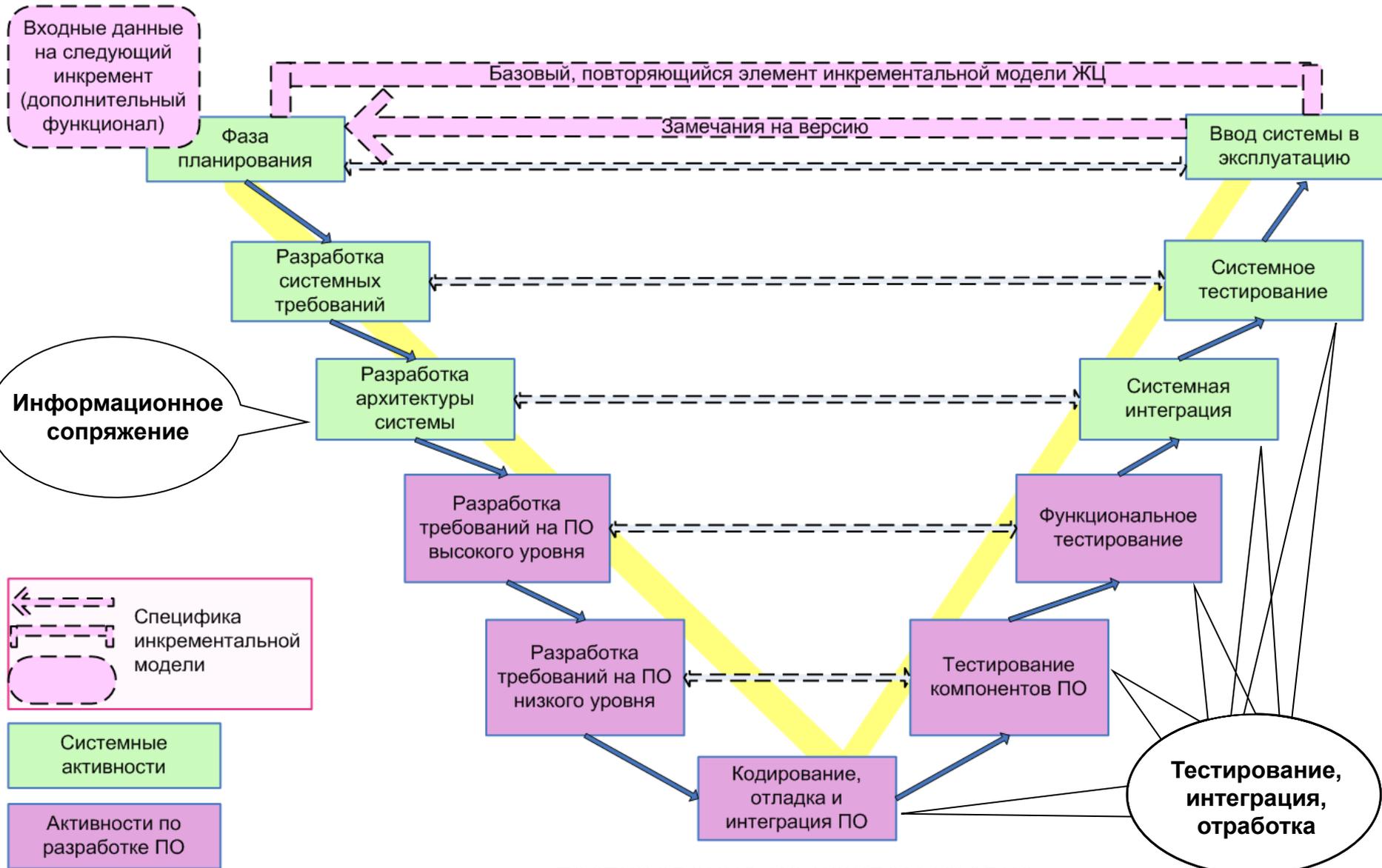
- Высокая сложность
- Функционирование в реальном времени
 - Вычисления
 - Информационный обмен
- Требования
 - Функциональность ← разнообразие
 - Надёжность
 - Реальное время
- Критичность
- Неоднородность
 - Каналы: точка-точка, шина, коммутатор; 12 kbps, 1 Mbps, 1 Gbps
 - Устройства: датчики, индикаторы, вычислители, органы управления, исполнительные устройства
 - Данные: аналоговые, цифровые; числовые массивы, видеопотоки

Бортовые ВС и их ПО требуют систематического подхода к проектированию, реализации и тестированию

План доклада

- Специфика бортовых ВС
- **Жизненный цикл бортового ПО**
- Инструментальные средства разработки бортового ПО
- Технологическая цепочка средств разработки бортового ПО
- Стенды отработки бортовых ВС

Жизненный цикл бортового ПО



– тестирование на каждом уровне

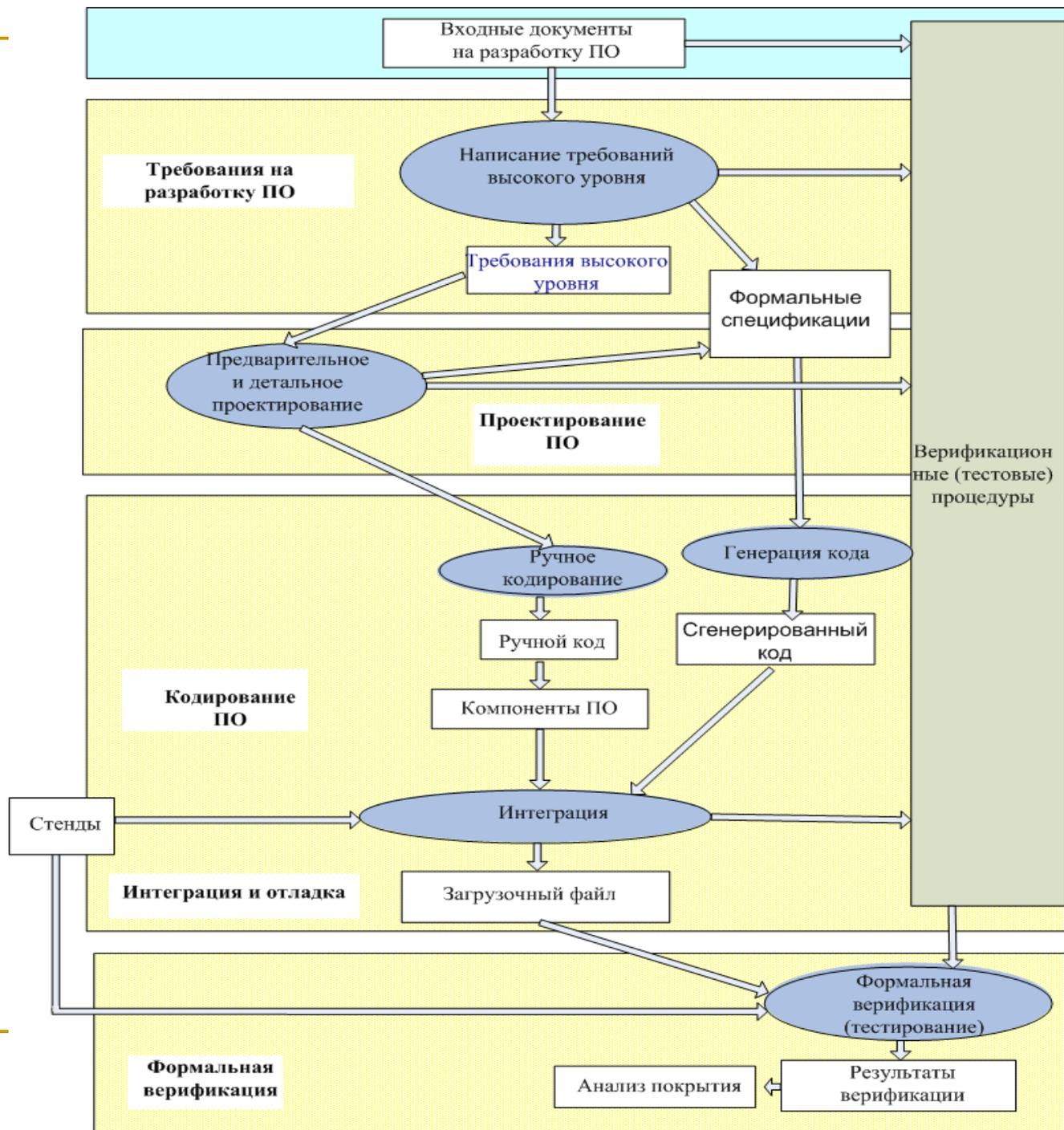
Процессы ЖЦ по стандарту DO-178B

Software Considerations in Airborne Systems and Equipment

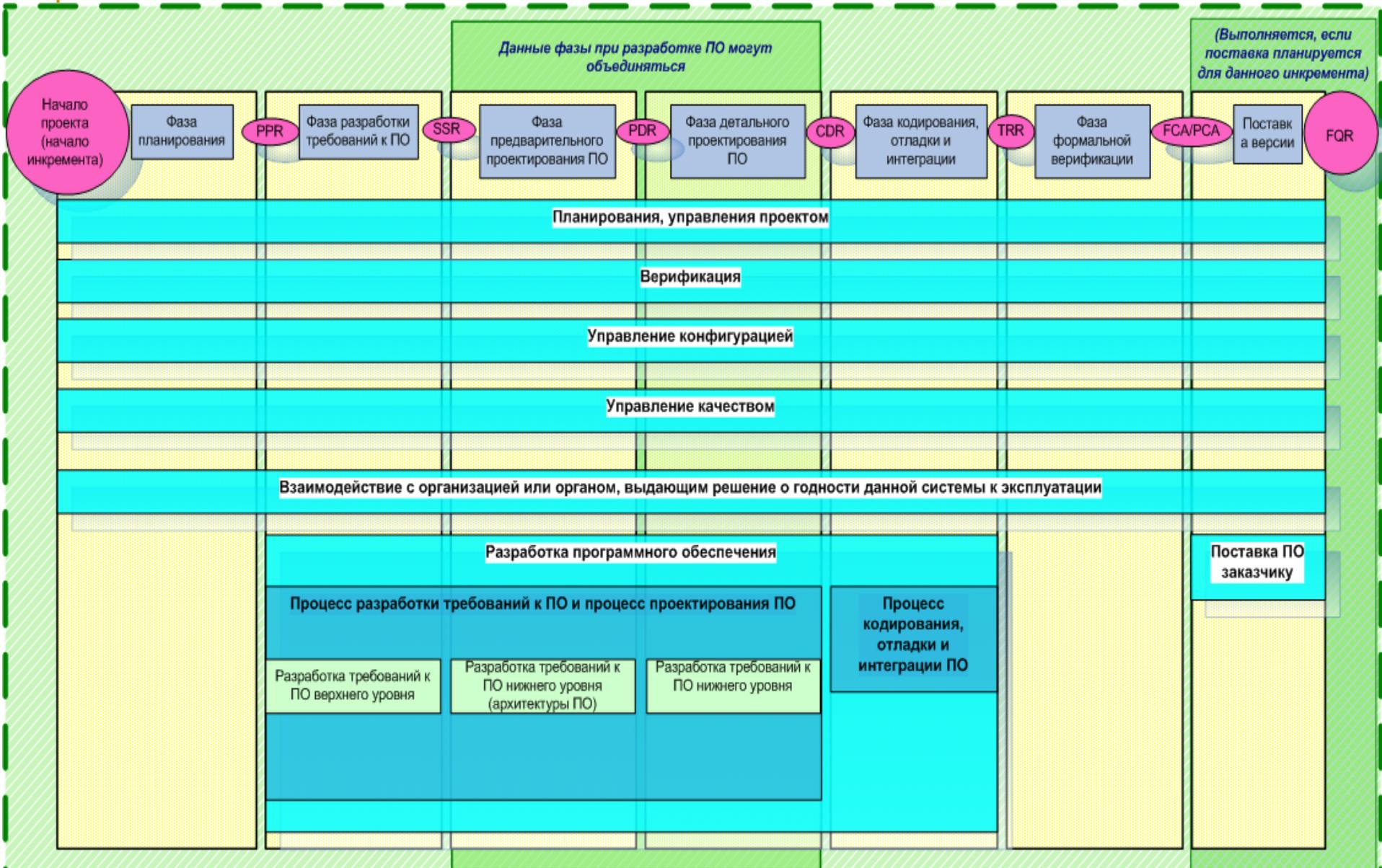
- Процесс планирования и управления проектом
- Процесс разработки ПО
 - Разработка требований
 - Проектирование
 - Кодирование, отладка и интеграция
- Интегральные процессы
 - Управление конфигурацией
 - Верификация
 - Обеспечение качества
 - Сертификационное взаимодействие

Влияние на состав фаз ЖЦ

Активности по фазам ЖЦ ПО



Соотношение фаз и процессов ЖЦ ПО



План доклада

- Специфика бортовых ВС
- Жизненный цикл бортового ПО
- **Инструментальные средства разработки бортового ПО**
- Технологическая цепочка средств разработки бортового ПО
- Стенды отработки бортовых ВС

Средства поддержки разработки требований

- Функциональность бортового ПО описывается десятками тысяч требований (системных; собственно к ПО)
- Необходимая функциональность:
 - создание и хранение требований, отслеживание истории
 - связывание требований с версиями документов и ПО
 - прослеживаемость требований на:
 - Низкоуровневые требования
 - Формальные спецификации
 - Код
 - Тесты
- Примеры средств: IBM DOORS, Borland CaliberRM, SyBase PowerDesigner

Средства версионного/ конфигурационного контроля

- При разработке ПО формируется множество документов, группируемых в версии
 - Промежуточные («инженерные») версии
 - Официальные версии
- Версия = вся совокупность документов
 - Требования, спецификации, код, тесты,...
 - Часть конфигурации борта
- Необходимая функциональность:
 - Версионирование совокупности документов (в т.ч. атомарность изменений)
 - Поддержка ветвей истории
 - Поддержка групповой разработки, в т.ч. разграничения доступа
 - Обновление документов в реальном времени
- Примеры: CVS, Subversion, git, IBM ClearCase

Средства отслеживания проблем и изменений

- В процессе разработки ПО:
 - Дефекты и ошибки: зарегистрированы, проанализированы и устранены
 - Изменения: зарегистрированы, утверждены и реализованы
- Необходимая функциональность:
 - Поддержка структуры продукта и процесса
 - Настраиваемый формат сообщения о проблеме
 - Настраиваемый ЖЦ сообщения, поддержка согласования
 - Поддержка групповой разработки, втч разграничения доступа
 - Интеграция со средствами управления версиями
- Примеры: Bugzilla, Trac, IBM ClearQuest

Средства поддержки сопряжения подсистем ПО

- Средства автоматизации проектирования бортовых интерфейсов
 - Балансировка загрузки каналов
 - Формирование набора сообщений
 - Построение расписаний обмена
- Средства автоматизации интеграции ПО
 - Использование унифицированных структурных компонентов ПО
 - По управлению: расписание выполнения СКПО
 - По данным:
 - БД информационных связей СКПО
 - Автоматическое формирование описания интерфейсов ПО (буфера, каналы, сообщения) для конфигурирования ОСРВ

Средства автоматизации проектирования индикационных форматов

- Индикационный формат = набор графических элементов + правила поведения
- Необходимая функциональность:
 - Редактирование в графической форме, WYSIWYG
 - Поддержка библиотеки элементов
 - Поддержка автономного тестирования
 - Генерация кода в формате для целевого устройства
- Примеры: SCADE Display, VAPS, САПР ИФ

Средства проектирования алгоритмов

- Алгоритмы бортового ПО хорошо формализуются
 - Поточковая обработка данных
 - Конечный автомат
- Проектирование/описание на формальном уровне позволяет формализовать проверку алгоритма
- Необходимая функциональность:
 - Поддержка обоих видов формального представления
 - Графическое описание
 - Тестирование и пошаговая отладка на уровне модели
 - Верификация на основе формальных методов
 - Сертифицированный кодогенератор
- Примеры: Telelogic Rhapsody, SCADE Suite, Simulink

Технологический комплекс разработки программ

- Поддержка целевой ОС и аппаратной архитектуры
 - Поддержка редактирования/компиляции/компоновки программ
 - Поддержка отладки
 - В среде инструментального ПК
 - В среде эмулятора целевой системы
 - На целевой системе
 - Поддержка отладки в реальном времени
 - Мониторинг внешних каналов связи
 - Мониторинг внутренних данных программы
 - Мониторинг системных шин БЦВМ
-

Средства поддержки верификации и тестирования бортового ПО

- Тестирование на целевой платформе
 - Недопустимость инструментирования
 - Тестирование через каналы бортовых интерфейсов
 - Тестирование требований реального времени
 - Интерактивное тестирование индикационных форматов
- Многоэтапное тестирование
 - Сопровождение интеграции подсистем КБО
- Необходимая функциональность:
 - Поддержка стандартов бортовых интерфейсов
 - Многомашинные конфигурации
 - Выполнение тестов в реальном времени
 - Автоматическое и интерактивное тестирование
 - Пакетный режим
 - Формирование отчётов, прослеживаемость требований
- Примеры средств: Rational Test RealTime, VectorCast, средства разработки ЛВК

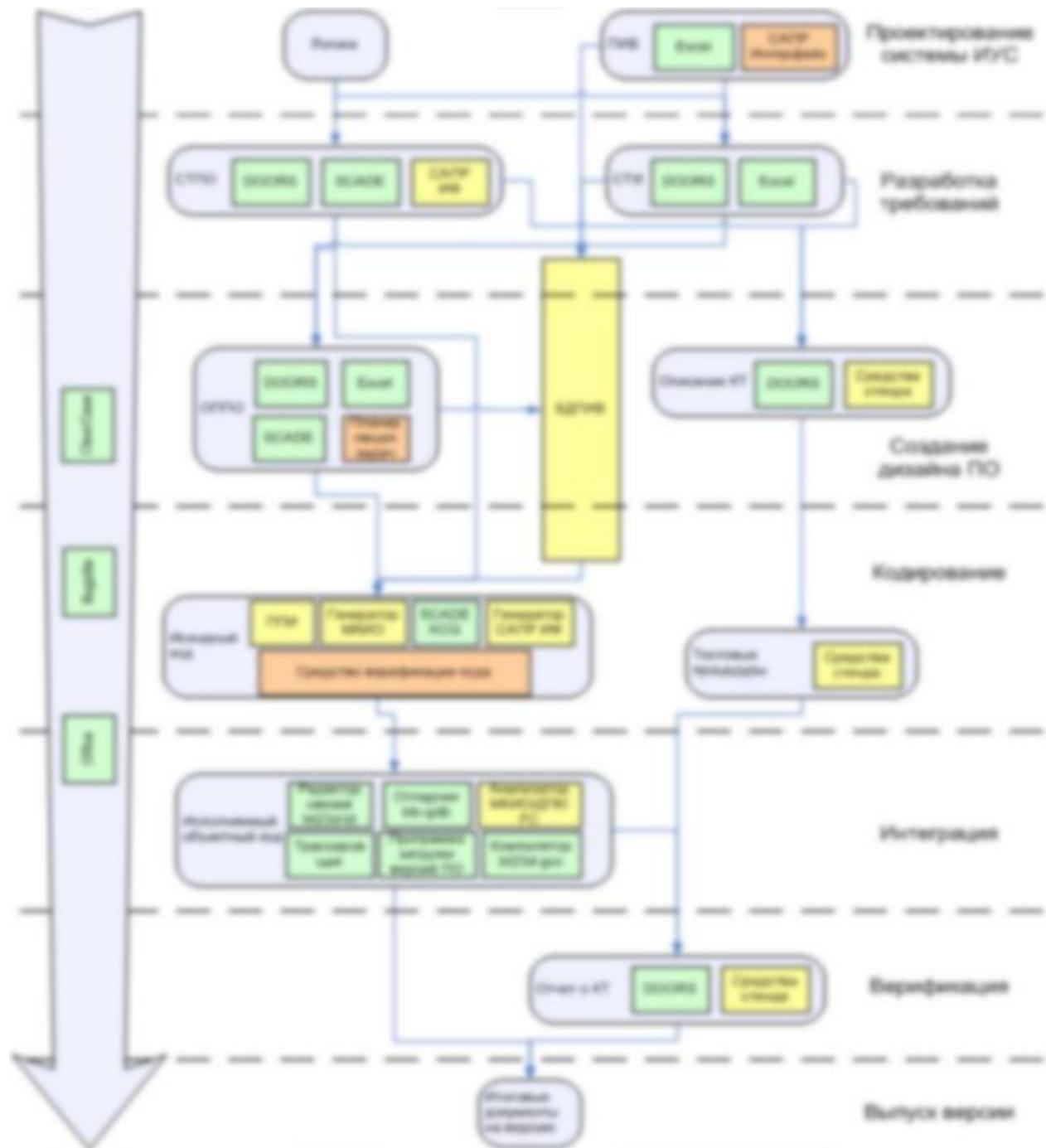
План доклада

- Специфика бортовых ВС
- Жизненный цикл бортового ПО
- Инструментальные средства разработки бортового ПО
- **Технологическая цепочка средств разработки бортового ПО**
- Стенды отработки бортовых ВС

Принцип построения технологической цепочки

- Сквозная поддержка ЖЦ, включая активности на всех фазах
- Сопряжение «вход-выход» с обеспечением совместимости форматов данных
- Особое внимание на переходы между фазами
 - Требуется фиксация выходных артефактов

Цепочка средств разработки бортового ПО



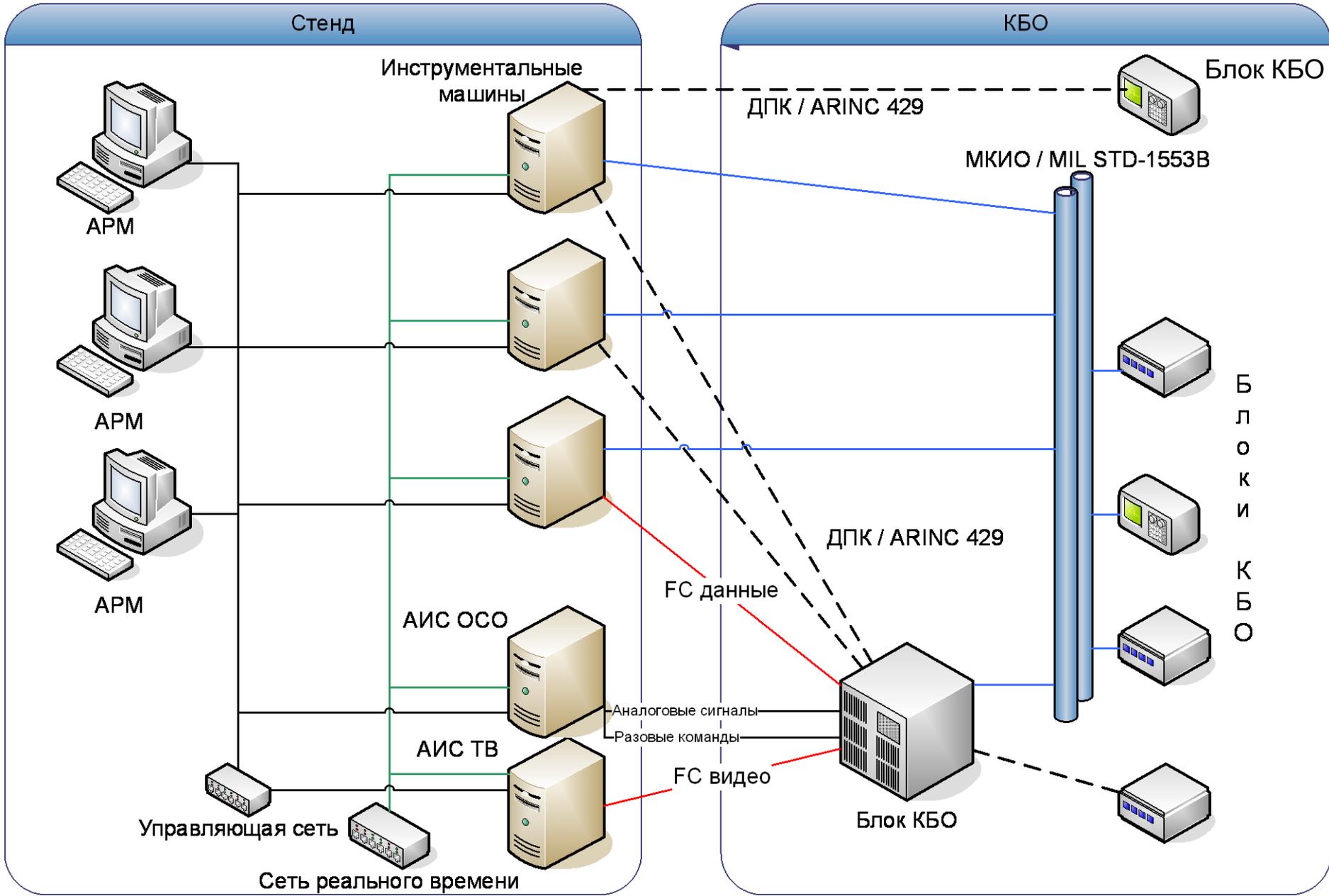
План доклада

- Специфика бортовых ВС
- Жизненный цикл бортового ПО
- Инструментальные средства разработки бортового ПО
- Технологическая цепочка средств разработки бортового ПО
- **Стенды отработки бортовых ВС**

Стенд комплексирования и испытаний КБО

- Язык описания моделей устройств КБО
- Язык для задания тестовых воздействий и проверяемых условий
- Выполнение функциональных тестов и моделей КБО в реальном времени
- Обмен данными с устройствами КБО через аппаратные бортовые каналы
- Оперативное управление функциональным тестированием
- Автоматическое формирование интерфейсной части тестов по БД бортовых интерфейсов
- Автоматическое формирование отчётов по тестированию, включая матрицы прослеживаемости требований
- Трассируемость проверяемых требований
- Интеграция в процесс разработки ПО КБО по ГОСТ 51904-2002 и КТ-178 (DO-178)

Тестирование через КБИ, без инструментирования.



Средства мониторинга и анализа обменов в бортовых каналах

■ Решаемые задачи

- Оперативный мониторинг информационных обменов.
- Регистрация информационных обменов до нескольких суток.
- Отображение и поддержка анализа пользователем результатов регистрации.
- Выдача в канал заданной пользователем информации.

■ Возможности

- Поддержка бортовых каналов: МКИО, ДПК, Fibre channel
- Задание циклограмм информационного обмена
- Фильтрация и поиск в результатах регистрации
- Распаковка, визуализация и оперативный анализ значений параметров
- Распределенная работа с аппаратурой регистрации
- Кроссплатформенность пользовательского интерфейса
- Стационарное и мобильное исполнение

Применение стенда для тестирования, интеграции и отработки блоков ИУС

Задачи, требующие работы с натурными бортовыми устройствами:

- интеграция аппаратуры и ПО, отладка ПО ИУС на целевой платформе;
- интеграция компонентов ПО ИУС, в т.ч. компонентов, поступающих от предприятий-созработчиков;
- интеграция подсистем ИУС, а также ИУС в целом как многокомпонентной аппаратно-программной системы;
- функциональное и квалификационное тестирование ИУС;
- приемосдаточные испытания блоков ИУС и ИУС в целом;
- диагностика блоков ИУС, по которым поступили рекламации;
- диагностика блоков ИУС в составе объекта.

Линейка стендов отработки ИУС

- Стенд тестирования и отладки ПО отдельного блока ИУС
- Стенд тестирования и отладки ПО нескольких связанных блоков ИУС
- Стенд комплексирования и приёмосдаточных испытаний ИУС
- Стенд разработки функциональных тестов ИУС
- Стенд серийного выпуска ИУС
- Мобильная рабочая станция мониторинга и тестирования

Стенд отладки ПО

Switch RT

Switch2 TCP/IP

Switch ПМП

Сервер RS-232

Блок коммутации

Блок коммутации Ethernet,
RS-232



Щит
включения

БП

БП

Стоечная консоль

АИРК

Монитор МКИО, ДПК

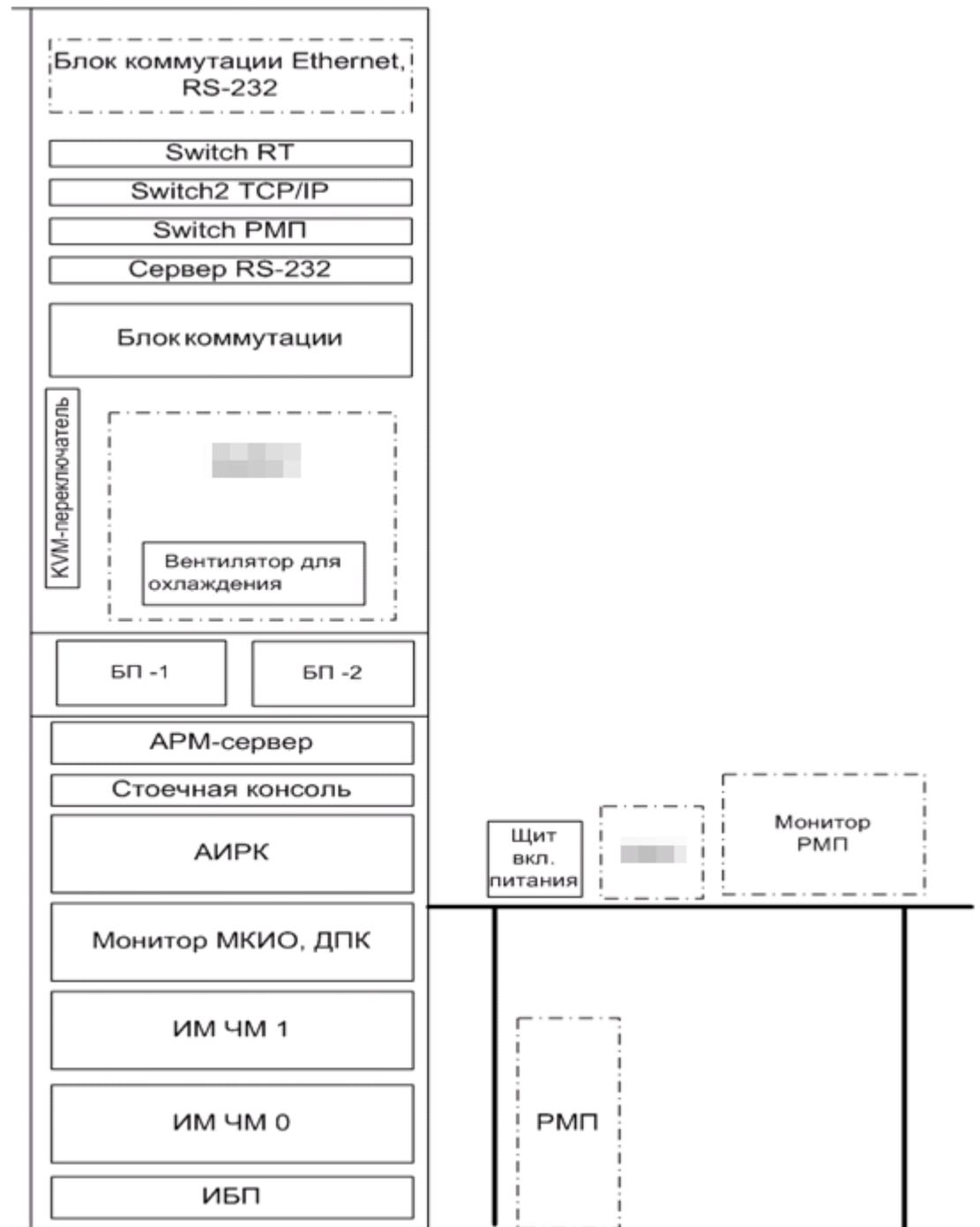
ИМ ЧМ 1

ИМ ЧМ 0

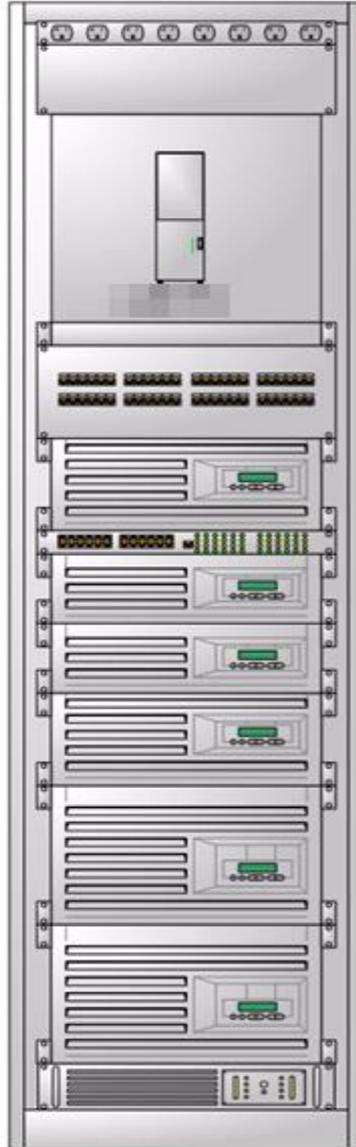
ИБП

Входной блок розеток

Стенд тестирования ПО двух связанных устройств



Стенд серийного выпуска



Заключение

- Бортовое ПО требует систематического подхода к проектированию, разработке и тестированию
- Сложность и критичность бортового ПО определяет организационную и технологическую сложность процесса его разработки
- Выполнено организационное структурирование жизненного цикла бортового ПО по фазам, процессам, активностям
- Построена и внедрена технологическая цепочка средств разработки бортового ПО, применяемая в соответствии со структурой ЖЦ
- Разработана и внедрена линейка стендов отработки бортового ПО

Спасибо за внимание

Балашов В.В.
к.ф.-м.н, м.н.с.
hbd@cs.msu.su