

Десятая независимая научно-практическая конференция «Разработка ПО 2014»

23 - 25 октября, Москва



Применение исполняемых моделей для комплексной отладки ПО информационно-управляющих систем авиационного применения

Сергей Елькин
Ульяновское КБ
приборостроения,
ведущий программист
e-mail:serge178@mail.ru

Кирилл Ларин
Ульяновское КБ
приборостроения,
главный конструктор, к.т.н.
e-mail:lucky@ukbp.ru

Вадим Шишкин
Ульяновский
государственный
технический университет,
профессор, к.т.н.
e-mail:shvv@ulstu.ru

В рамках анализа предметной области

- ❑ рассмотрены особенности архитектуры семейства БИУС и интерфейсов сопрягаемых систем бортового оборудования (в пределах всей номенклатуры);
- ❑ обобщена практика проведения комплексной отладки на платформе полунатурного стенда и выделены требования к необходимой функциональности модели технологического оборудования;
- ❑ проведена оценка целесообразности реализации дополнительных функциональных возможностей (с учетом гибкости программной реализации) технологической инфраструктуры в интересах повышения эффективности отладки;
- ❑ проведена оценка возможности использования существующего на предприятии технологического задела.

Анализ бортовых информационных систем летательных аппаратов

Основные современные БИС ЛА:

СЭИ - система электронной индикации

КИСС - комплексная информационная система сигнализации

БИСК - бортовая информационная система контроля

СПАДИ - система преобразования аналоговой и дискретной информации

СПКР - система предупреждения критических режимов

КСЭИС - комплексная система электронной индикации и сигнализации

Состав основных БИС:

ИМ - индикатор многофункциональный

БВУ - блок вычислительного устройства

БВФ - блок вычисления и формирования

БФИ - блок формирования изображения

БПС - блок преобразования сигналов

БПВ - блок преобразований и вычислений

ПУИ - пульт управления индикацией

ПУ СЭИ - пульт управления СЭИ

Интерфейсы взаимодействия основных БИС ЛА

Наименование БИС ЛА	ARINC-429	ARINC-708	Разовые команды	RS232 /422 /485	Аналоговые сигналы	ТВИ
КСЭИС-100	74	3	175	-	-	1
КСЭИС-148	98	2	130	-	-	1
СЭИ-85	34	3	22	1	-	-
СЭИ-А	10	1	13	1	10	-
КИСС-1-9А	42	-	324	-	152	-
БИСК-А-1	13	-	121	2	100	-
СПАДИ-2	2	-	143	-	98	-
СПКР-М-2	-	-	18	-	5	-

Комплексная система электронной индикации и сигнализации КСЭИС-100 самолета Ту-334

Состав системы КСЭИС-100

Наименование	Шифр блока	Кол-во
Индикатор многофункциональный	ИМ-8-17	6
Блок вычислительного устройства	БВУ-15	6
Пульт системы индикации	ПУ СЭИ-2-3	2
Пульт управления индикацией	ПУИ-1-4	2

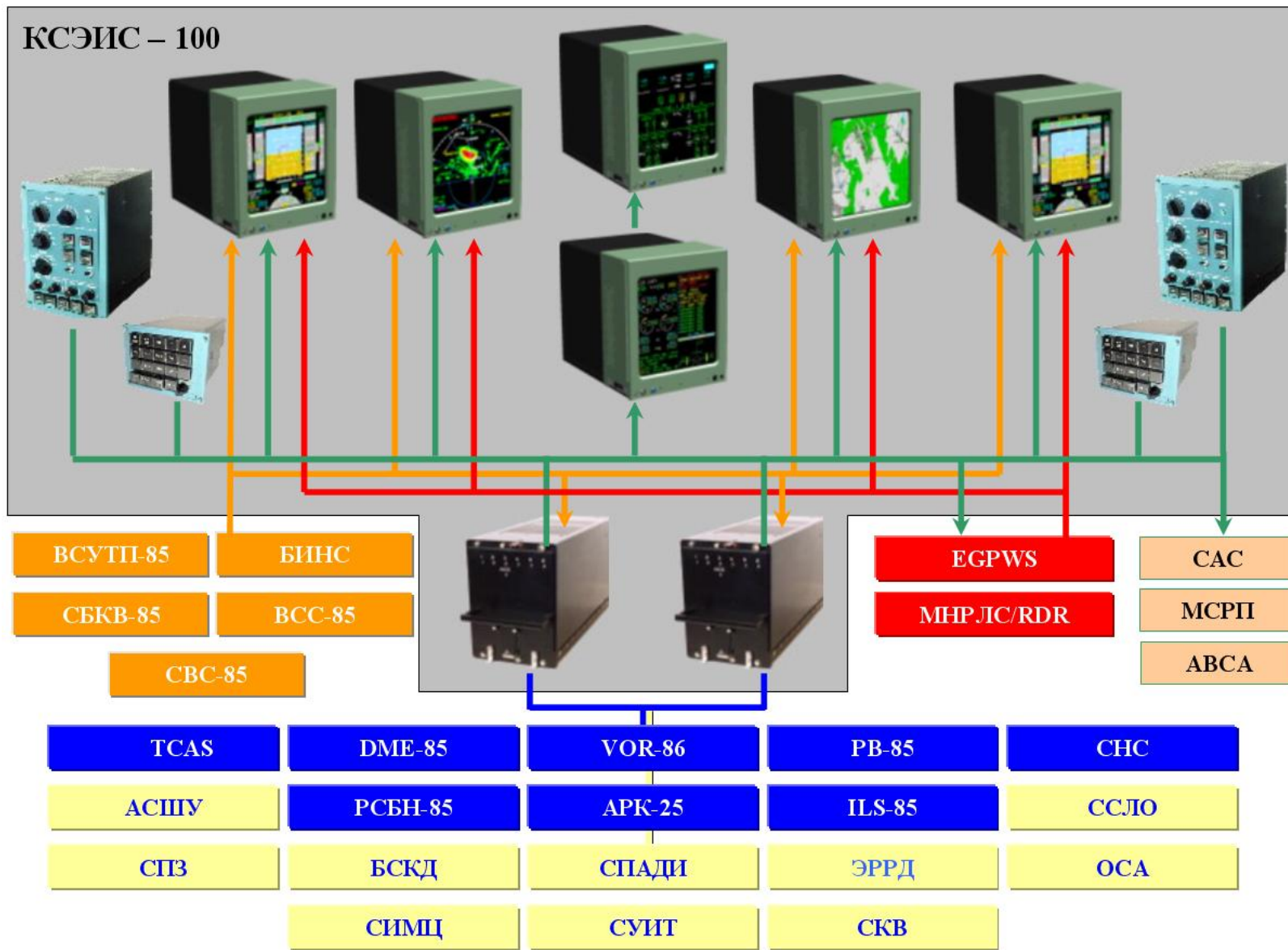
Внутрисистемные интерфейсы системы КСЭИС-100

Блок	ARINC-429		PK2	
	Вход	Выход	Вход	Выход
БВУ	11	7	7	1
КПИ, КИНО, МФИ	4	1	3	2
ПУ СЭИ	-	1	-	2
ПУИ	-	1	-	-

Внешние интерфейсы системы КСЭИС-100

Блок	ARINC-429		PK1		PK2		ARINC-708	ТВ
	Вход	Выход	Вход	Выход	Вход	Выход	Вход	Вход
БВУ	53	1	-	-	82	11	-	-
КПИ, КИНО	16	1	2	-	9	-	2	1
МФИ	15	1	7	-	5	-	2	-
ПУ СЭИ	-	1	-	-	-	2	-	-

Структурная схема системы КСЭИС-100 самолета Ту-334



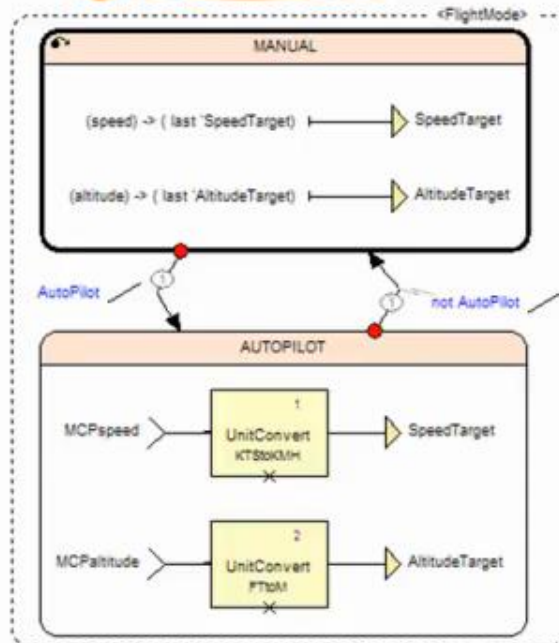
Пример полунатурного стенда БИУС, заменяемого виртуальным



Комплекс SCADE

SCADE Suite

Потоки данных & Конечные автоматы



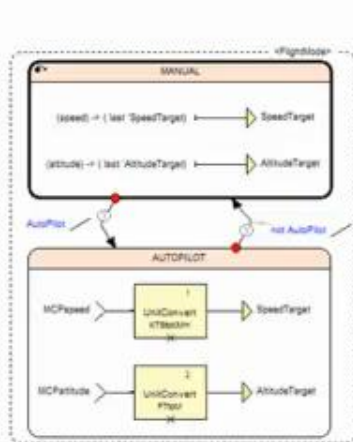
SCADE Display

Встроенная графика



Интегральное решение для ответственных систем

Интеграция SCADE Suite и SCADE Display



XML
соответствие
сигналов



Код
С или
ADA

Соответствует
международному
стандарту
DO-178В Уровень А

Связующий
код также
генерируется
автоматически

Код
С

Соответствует
международному
стандарту
DO-178В Уровень А

Комплекс SCADE в жизненном цикле ПО

Системные требования



Шлюз к DOORS

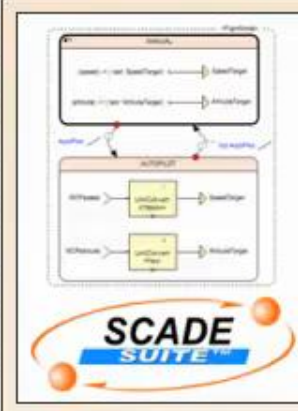


System Designer



Проектирование архитектуры

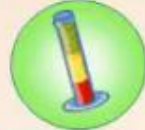
Моделирование



Верификация



Отладка и симуляция



Анализ тестового покрытия



Анализ памяти и времени



Формальная верификация



Верификация объектного кода



SCADE Suite/SCADE Display Интеграция



Быстрая симуляция



Проверка дизайна

Генерация кода

SCADE Suite
Кодо-генератор
C или ADA

Адапторы
к OCPB

SCADE Display
Кодо-генератор



Системный тест



Межсистемное интеграционное тестирование



Шлюз к системам управления требованиями



Шлюз к системам управления конфигурацией



Автоматическое создание документации



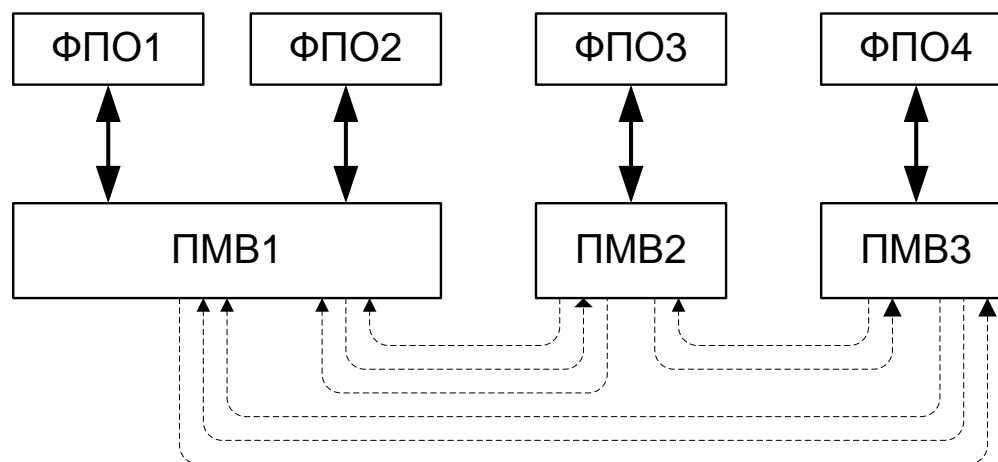
DO-178B
Сертификационный пакет и рекомендации

Системы учёта

Основные требования

- ❑ функциональность каждого из процессов обеспечивается программным кодом штатного ПО соответствующей единицы аппаратуры целевой системы;
- ❑ поток тестовых данных имитирует функционирование сопряженных систем бортового оборудования, причем тестовые данные, используемые при отладке на ИМ и на штатных аппаратных ресурсах, должны иметь одинаковый формат;
- ❑ асинхронные события имитируют управляющие воздействия экипажа и отказы оборудования.

Схема виртуализации полунатурных стендов авиационных систем



ФПО1 и ФПО2 – функциональное программное обеспечение блока А

ФПО3 – функциональное программное обеспечение блока Б

ФПО4 – функциональное программное обеспечение блока В

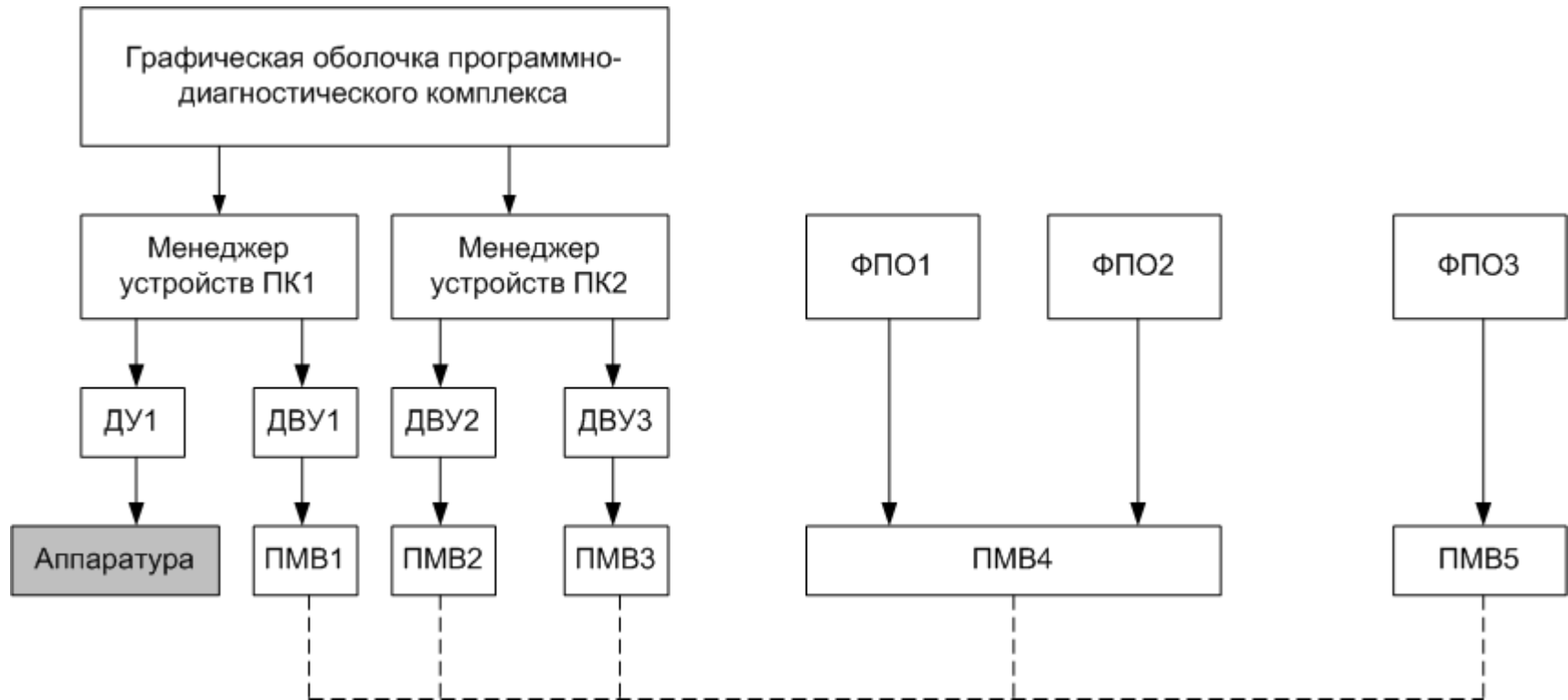
ПМВ1 – программная модель вычислителя (блока А)

ПМВ2 – программная модель вычислителя (блока Б)

ПМВ3 – программная модель вычислителя (блока В)

Жирные стрелки – поток управления, пунктирные – поток данных виртуализированных авиационных интерфейсов

Схема виртуализации тестового программного обеспечения стенда



ДУ1 – драйвер физического устройства
ДВУ – драйверы виртуальных устройств

Пунктирные линии – данные виртуализированных авиационных интерфейсов

Блоки и системы, диагностируемые наземными автоматизированными станциями контроля

НАСК-1
ВСУП-85
ВСУТ-85

НАСК-2000-1
ВСУП-85
ВСУТ-85
АСШУ-204
БВУП-1
БВУП-1-2
БВУТ-1
БВУТ-1-2
ПУ-56
ПУ-56М
ПУТ-3
БУ ПРТ-204
БВУУ-1
БВУУ-1-1
БВУУ-1-3
БВУУ-1-4
БВУУ-1-5
ППО-5
ППО-5-1
БУК-8-1

НАСК-2000-2
КИСС-1-1М
КИСС-1-2М (модиф.)
КИСС-1-8 (модиф.)
КИСС-1-9 (модиф.)
СЭИ-85 (модиф.)
СПАДИ-1
СПАДИ-2
СПАДИ-3
СПАДИ-4
КСЭИС-76
КСЭИС-85 (модиф.)
КСЭИС-90 (модиф.)
САС-4М
САС-6-11М
САС-7
САС-8
САС-9
СТАУС
СПКР-85 (модиф.)
СПКР-90 (модиф.)



Наземная автоматизированная станция
контроля НАСК-2000-2

Интерфейсные устройства, поддерживаемые ПДК ФРЕГАТ

Базовое оборудование компьютера	
СОМ-порты	Интерфейс RS-232
Звуковая карта	Выдача синусоидального сигнала
Производство УКБП	
МКУ-1	КЛС по ARINC-708
МРК-6	40 выходных РК I и II типа
ММРК-2	24 выходных мощных РК I и II типа
МКС-8	Модуль конвертора сопротивлений
МСКТ-2	Синусно-косинусного трансформатор
Производство ЭЛКУС	
РС-429-3-88	8/8 КЛС по ARINC-429, 4/4 РК
РСI-429-3-88	8/8 КЛС по ARINC-429, 4/4 РК
ТЕ1-РСI	КЛС по MIL-STD-1553
ТЕ1-РСI2	КЛС по MIL-STD-1553
Производство АКТАКОМ	
АНР-3122	Генератор сигналов
Производство PC INSTRUMENTS	
РСI-344	Генератор сигналов
Производство HEWLETT PACKARD	
НР 34401	Цифровой мультиметр
Производство ALIGENT	
PSH-3620	Источник питания
Производство IPC DAS	
PISO-CAN-200400-D/T	Интерфейс CAN-bus

Производство ADVANTECH	
PCL-711	АЦП 8К, ЦАП1 К, 16 РК
PCL-722	144/144 РК
PCL-726	ЦАП 6К/12Р
PCL-727	ЦАП 12К/12Р
PCL-733	32 входных РК
PCL-734	32 выходных РК
PCL-735	12К релейной коммутации
PCL-818	АЦП 8К/12Р, ЦАП 1К/12Р, 16/16 РК
PCI-1671	IEEE 488 (GPIB)
PCI-1716	АЦП 16К, ЦАП 2К, 16/16 РК
PCI-1721	ЦАП 4К, 16/16 РК
PCI-1724	ЦАП 32К/14Р
PCI-1750	16/16 РК
PCI-1752	64 выходных РК
PCI-1754	64 входных РК
PCI-1756	32/32 РК
PCI-1758UDO	128 выходных РК
PCI-1758UDI	128 входных РК
PCI-1762	16К релейной коммутации, 16 вх.РК
PCI-1780	8 каналов счетчиков-таймеров, 8/8 РК
Производство CONDOR ENGINEERING	
CEI-520	КЛС по ARINC-717
CEI-500	КЛС по ARINC-717

Разработка программного диагностического комплекса ФРЕГАТ

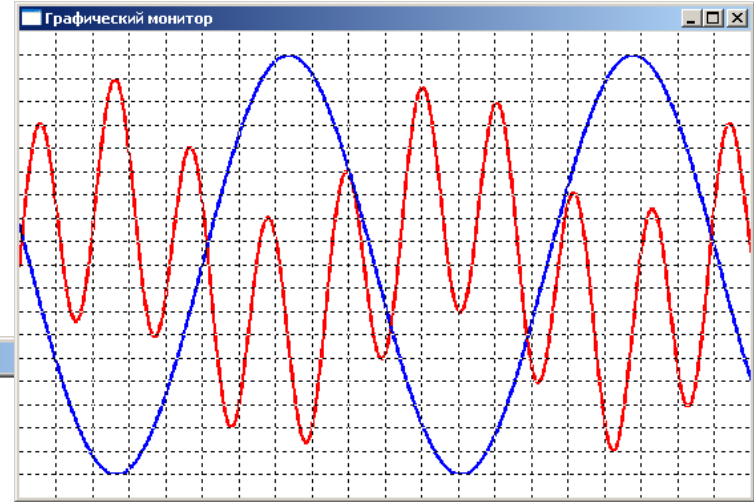
```

Фрегат (XP) - КСЭИС100 [3128]
Тест  Правка  Вид  Настройка на ОК  Самоконтроль  Управление тестами  Дополнительно  Язык  Помощь

rs232_pci746.utst

429.utst
5  while 1=1
6  (
7    adr = 0
8    canal = 0
9    for canal = 0 to 7
10   (
11     for adr = 0 to 255
12     (
13       s = Str("429-",base_address,"-",c
14       OutLine(s, adr, 1, 1, LogOR(MovL(c
15       DelStr(s)
16     )
17   )
18   TabXY(1,1)
19   SetTableFormat(4,10,1,0)
20   TabPrint(counter)

```



```

1:1 Режим работы: администратор  C:\Program Files\Fregat\Examples\429.utst
5  018A61B1 05B8011F 0FB70424 0B003197 007A1395 0B48F76C
6  0347A490 0A1153C8 07D702F9 090C80E3 08E08877 0567C0F6
7  01B26F4F 0EFC2C31 09988634 0E7E047D 0B519787 054D98F4
8  0D4FB2EF 0A616228 0CB5F3CD 0086C716 0A3A857D 063822BC
9  0C44BB3F 06F9AFFF 0B0C5954 0BC0B39E 09FA9A7A 054CC8C0
10 0C217666 0F7A72E6 092750FD 093F79F9 0BD90F56 0F43EADD
11 0E30E117 015455A5 0D3B9A82 08D1F328 02E2486C 064E2858
12 0C472E46 0C043A41 0A89827C 051FBB72 0EB64FE4 014660BD
13 005EC2EF 07572A28 0D882D2E 09FC3CD2 0AC9051C 088E6D63
14 08680D2F 02F89F32 0A402FC1 01C7EA59 0E79BEC0 01EB60E2

```

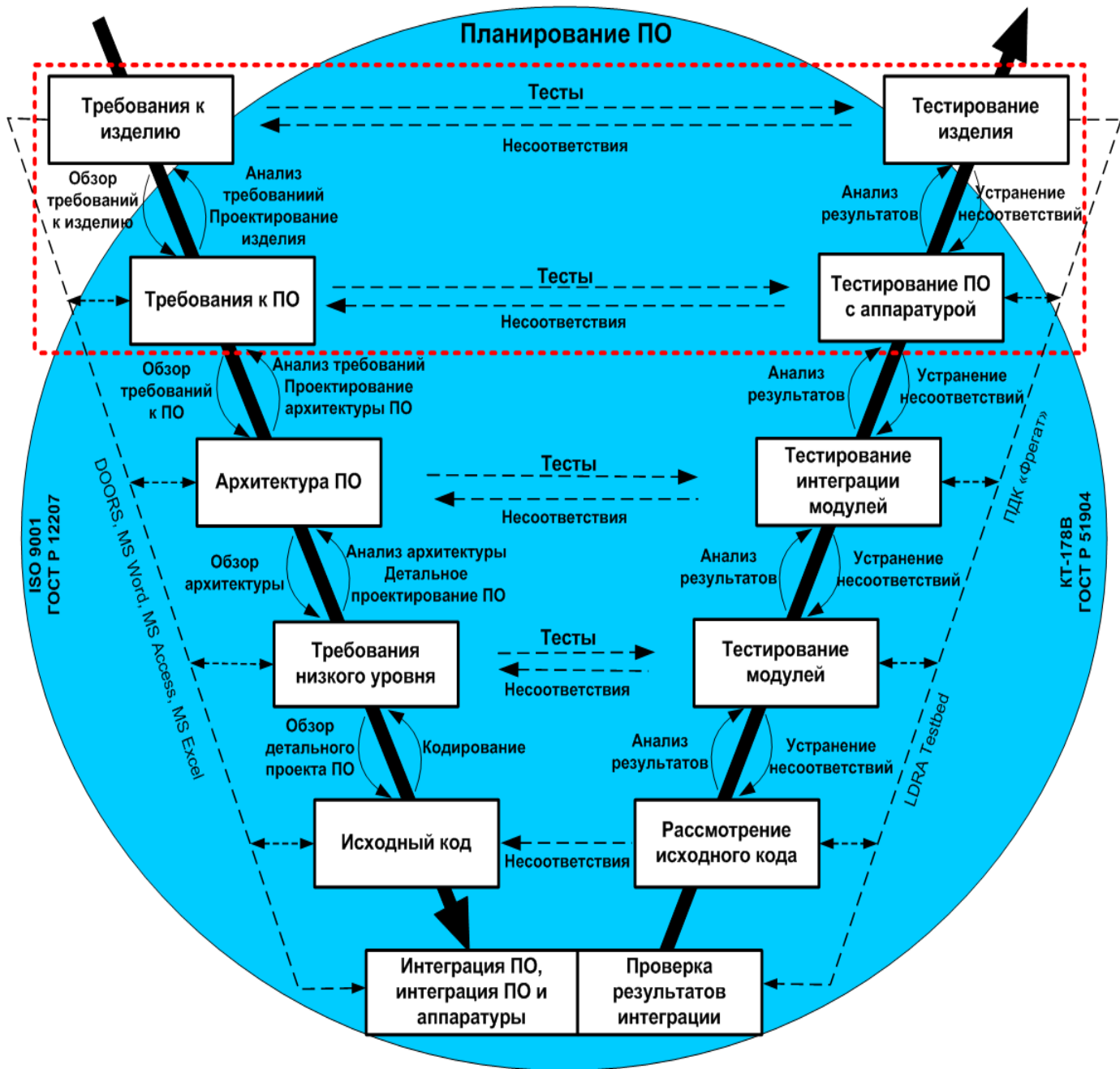
```

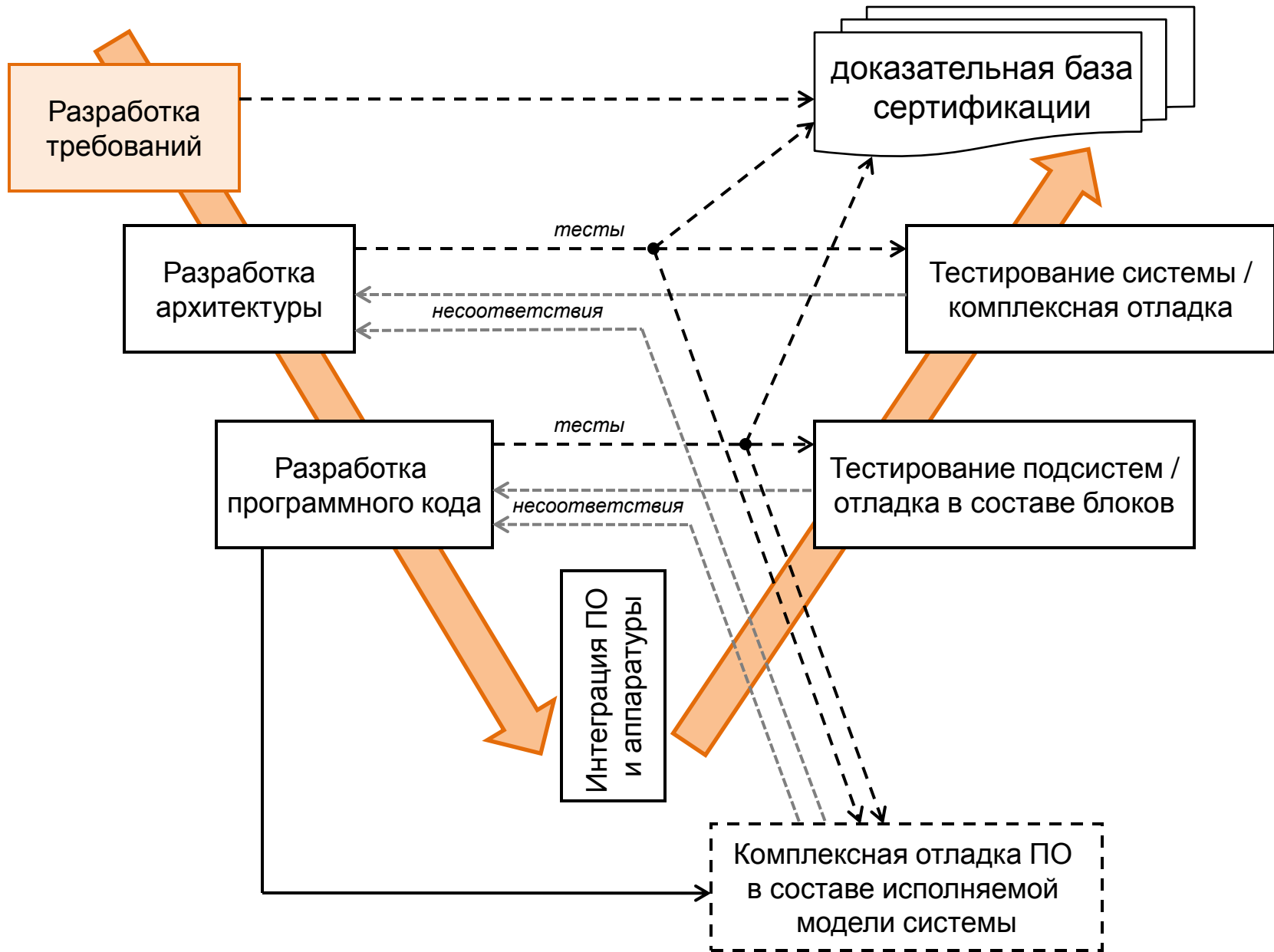
Монитор - Тест в:
Объект контроля
*****
Тест уровня наг
*****
Минимальный урс
*****
Уровень напряже
Уровень напряже
Уровень напряже
Уровень напряже
Уровень напряжения в канале 1: 1.80 V +
Уровень напряжения в канале 5: 4.80 V +
Уровень напряжения в канале 6: 2.52 V -
Уровень напряжения в канале 7: 3.87 V +
Уровень напряжения в канале 8: 2.96 V -
Уровень напряжения в канале 9: 1.56 V -
*****
Блок неисправен!

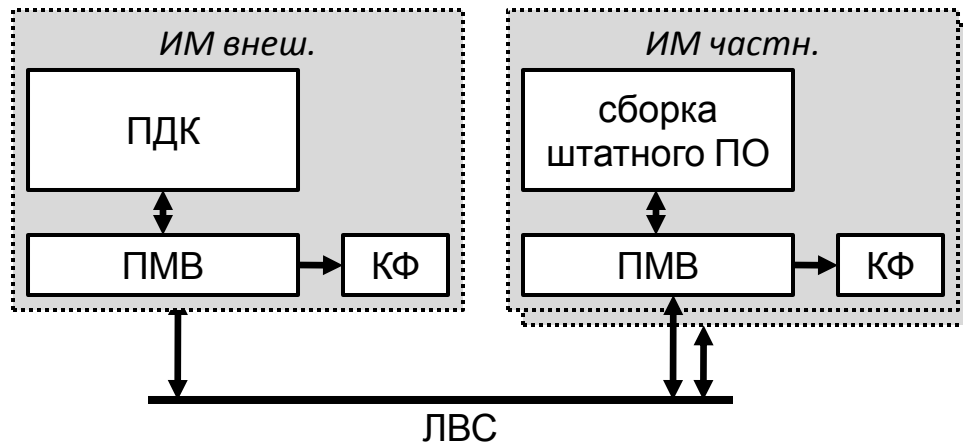
```

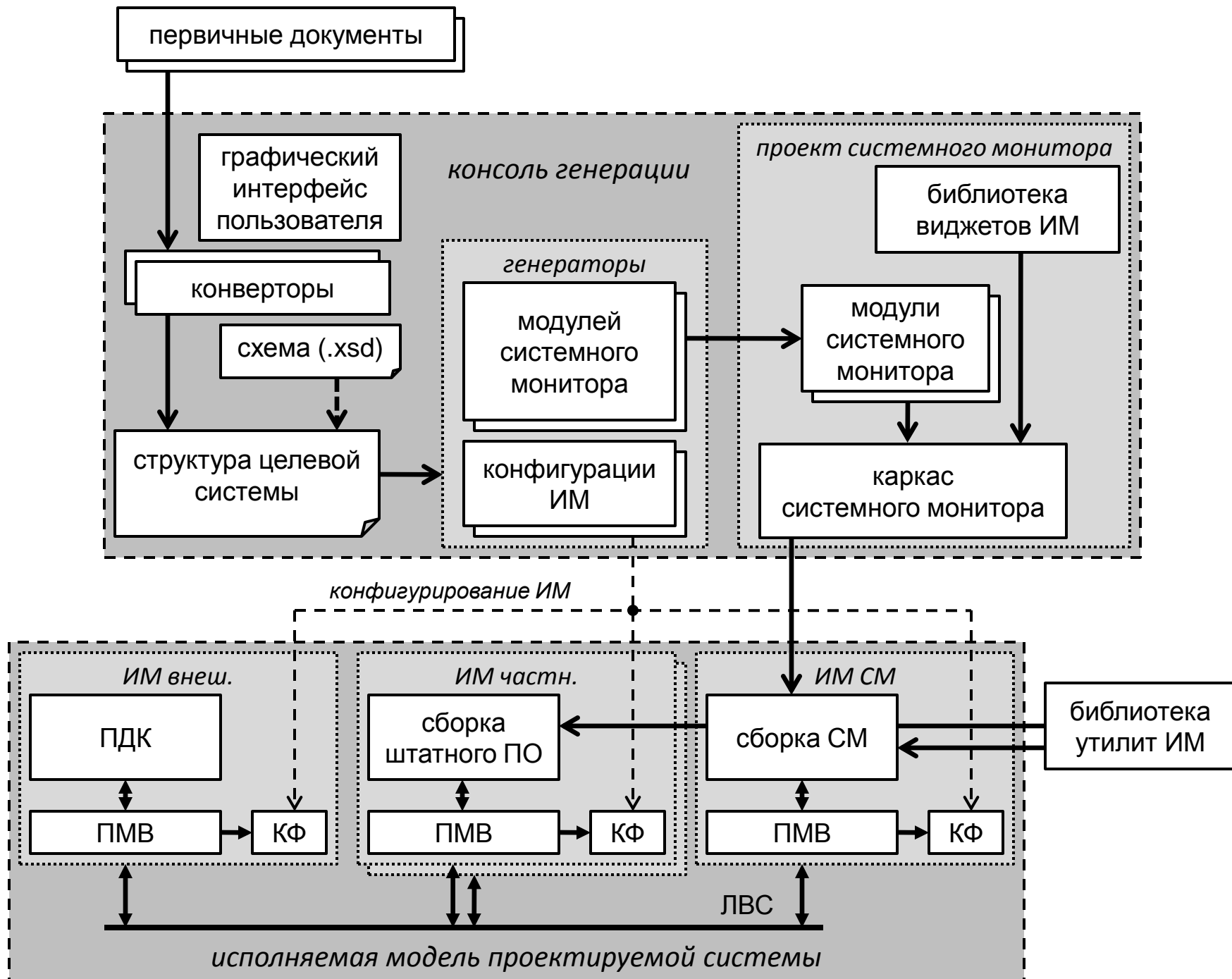
Интерфейсы ПДК ФРЕГАТ:

- ✓ ARINC-429
- ✓ ARINC-708
- ✓ ARINC-717
- ✓ MIL-STD-1553
- ✓ IEEE-488 (GPIB)
- ✓ CAN-bus
- ✓ RS 232/422/485
- ✓ ЦАП, АЦП
- ✓ ПК (ГОСТ 18977 – 79)
- ✓ ТВ (ГОСТ 7845 – 92)





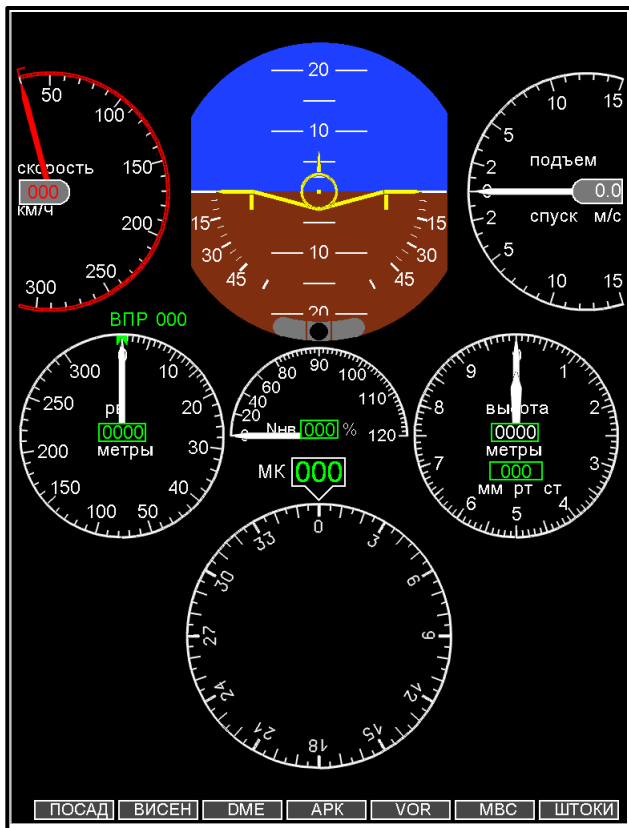




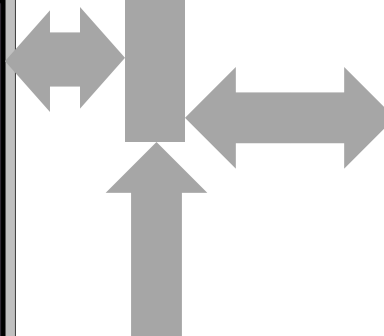
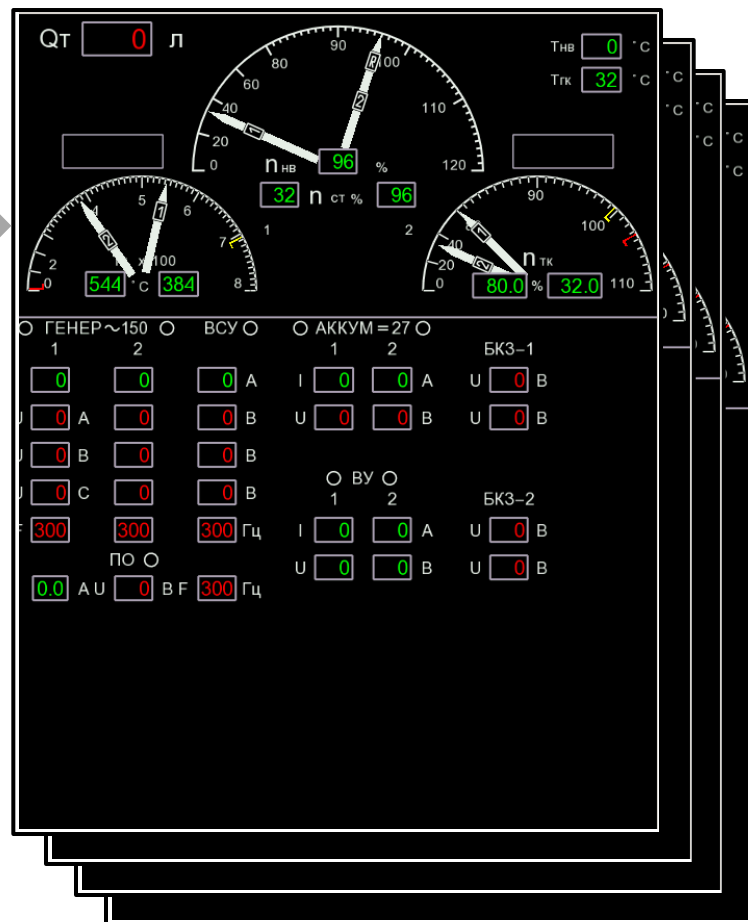
The main display area contains five instrument panels (IM 1-5) and a central data display. The left side features a vertical stack of system function buttons: БИНС, ИКВСП, ДМЕ, РСБН, ВСС, САУ, РВ, БСТО, СПС, АРК, СРППЗ, and РЛС. The right side features a vertical stack of system function buttons: СУОСО, БУК, СНС, КУРС, and ТИС. The central data display shows a table of data:

271	00000000	00000000	00000101	00000000
272	00000000	00000000	00000101	00000000
273	00000000	00000000	00000001	00000000
275	00000000	00000000	00000001	00000000

Below the data display are three sets of indicator lights labeled -32 - 25, -24 - 17, and -16 - 9. On the right side, there are two vertical columns of indicator lights labeled with IM 4, IM 5, ПУИ 1, ПТ 1, IM 2, IM 1, IM 3, ПУИ 2, ПТ 2, and БВУ 2.



модель бортовых шин



тестовые данные



```

d:\обмен\myPCmodel\BPV\BPV_1\BPV1.exe
1-001# 1-002# 1-003# 1-004# 1-005#
1-006# 1-007# 1-008# 1-009# 1-010#
1-011# 1-012# 1-013# 1-014# 1-015#
1-016# 1-017# 1-018# 1-019# 1-020#
1-021# 1-022# 1-023# 1-024# 1-025#
1-026# 1-027# 1-028# 1-029# 1-030#
1-031# 1-032# 1-033# 1-034# 1-035#
1-036# 1-037# 1-038# 1-039# 1-040#
1-041# 1-042# 1-043# 1-044# 1-045#
1-046# 1-047# 1-048# 1-049# 1-050#
1-051# 1-052# 1-053# 1-054# 1-055#
1-056# 1-057# 1-058# 1-059# 1-060#
1-061# 1-062# 1-063# 1-064# 1-065#
  
```

Основные преимущества использования ИМ

- ❑ возможность развертывания и применения на ранних этапах целевого проекта;
- ❑ гибкость и масштабируемость, инвариантность к структуре и полноте текущей реализации ПО;
- ❑ использование одних и тех же тестовых заданий комплекса имитации сопрягаемых систем для ИМ и полунатурного стенда;
- ❑ расширение возможностей автономной отладки ПО модулей и блоков с использованием штатных отладчиков среды разработки.

Десятая независимая научно-практическая
конференция «Разработка ПО 2014»

23 - 25 октября, Москва



Благодарю за внимание!

Контакты:

Сергей Елькин
Ульяновское КБ
приборостроения,
ведущий программист
e-mail:serge178@mail.ru

Кирилл Ларин
Ульяновское КБ
приборостроения,
главный конструктор, к.т.н.
e-mail:lucky@ukbp.ru

Вадим Шишкин
Ульяновский
государственный
технический университет,
профессор, к.т.н.
e-mail:shvv@ulstu.ru