



Новое поколение российских наземных автоматизированных систем контроля бортового электронного оборудования

Сергей Зайченко (zaich@infctest.ru),
Михаил Колесников (kolesnikov@infctest.ru)

Наземные системы автоматизированного контроля (НАСК) авиационной бортовой электроники развиваются на протяжении более чем 40 лет. В статье приводится краткий обзор предыдущих поколений этих систем и рассказывается о новом поколении НАСК российского производства.

Наиболее сложные и дорогие современные самолёты, вертолёты, комплексы связи, спутники и т.д. имеют много специализированных электронных блоков различного назначения. Обычно блоки делятся на два основных типа: LRU (Line Replaceable Unit) – компонент, заменяемый «по месту», и SRU (Shop Replaceable Unit) – компонент, заменяемый в сервисном центре или КБ.

Как правило, блоки LRU содержат в себе по несколько единиц SRU. Блоки LRU и SRU, как и любые электронные блоки, иногда выходят из строя и требуют ремонта. Соответственно, контроль, обслуживание, выявление предотказных состояний и своевременный ремонт блоков представляют собой нетривиальную задачу, и её правильное решение является основой для длительной и безотказной работы сложных объектов. Например, для гражданской авиации качество обслуживания электронных блоков является важней-

шим фактором безаварийной эксплуатации воздушного судна.

Для проверок LRU используются различные тестовые системы. Это могут быть как примитивные стенды или ручные проверки для каждого блока, так и современные наземные автоматизированные системы контроля (НАСК), рассчитанные на автоматизированный контроль более чем сотни блоков из состава бортовых систем самолёта. Такие системы, как правило, рассчитаны на проведение обслуживания и тестирования электронных блоков для конкретного самолёта или вертолёта. В самолётах количество блоков LRU и SRU колеблется от 30 до 120 и более. Соответственно, система НАСК должна за короткое время в автоматизированном режиме проверять отказавшие блоки (или блоки с подозрением на отказ) для своевременной их замены на запасные, обеспечивая бесперебойную и безопасную эксплуатацию воз-

душных судов. В зависимости от количества типов проверяемых LRU НАСК имеет различную конфигурацию и различное программное обеспечение.

Первые НАСК (ATS – Automatic Test System) появились более 40 лет назад в США для авиации и авианосной морской техники. С тех пор НАСК непрерывно совершенствовались, и к настоящему времени сменилось несколько поколений таких систем. Это известные системы Teradyne ATE Spectrum 9100 (более 1000 комплексов в эксплуатации), Spectrum GTS, Cassidian, системы CASS, eCASS, RTCass и другие. По мере совершенствования бортовых блоков появлялись и новые НАСК различного назначения.

Три поколения НАСК

Для того чтобы правильно оценить предлагаемые российским потребителям НАСК и выбрать наиболее современные и эффективные решения, надо понимать, как строятся эти системы и какие технологии их построения являются современными, а какие устаревшими. Все НАСК можно условно разделить на три поколения.

НАСК первого поколения (см. рис. 1) строились из набора стандартных приборов с интерфейсом GPIB IEEE-488 (появился в 1970 г.) и коммутационной матрицы в стандарте ARINC 608A с интерфейсом GPIB (появилась в 1989 г., последняя редакция – 1993 год). Весь процесс проверки блоков управлялся специализированной компьютерной программой. Основным языком для прикладных программ был «Атлас». Системы первого поколения активно использовались в 1989–1997 годах.

Второе поколение НАСК (см. рис. 2) существенно отличалось от первого, хотя общие элементы сохранились. Многие стандартные приборы были заменены модульными в стандарте VXI, с 1997 года добавились модульные приборы в стандарте PXI. Основное отличие от НАСК первого поколения состоит в том, что в кейты стали устанавливаться не только коммутаторы, но и модульные



Рис. 1. НАСК первого поколения



Рис. 2. НАСК второго поколения: ATE Spectrum CTS

приборы. Скорость работы НАСК второго поколения по сравнению с первым поколением возросла в несколько раз, габариты и цены уменьшились, появились портативные и полевые версии. Огромный скачок в производительности дала замена магистрали GPIB на MXI2 для VXI версий. В первых вариантах VXI примерно до 1994 года использовались контроллеры GPIB-VXI, которые, начиная с 1994 года, были заменены на VXI-MXI2. Именно они обеспечили увеличение скорости работы в десятки раз по сравнению с GPIB. Количество лабораторных приборов с интерфейсом GPIB резко сократилось. Коммутационные матрицы с интерфейсом GPIB в системах НАСК второго поколения практически исчезли, уступив место коммутаторам в стандартах VXI и PXI. Второе поколение НАСК оказалось весьма успешным и различные версии НАСК, использующие комбинацию модульных и стандартных приборов в рамках одной системы, широко используются до сих пор. Основной период использования систем второго поколения пришёлся на 1996–2010 годы.

Идеология построения НАСК второго и третьего поколений весьма похожа. Однако в третьем поколении НАСК (см. рис. 3) продолжилось увеличение доли модульных приборов в системе. Появились приборы в стандартах LXI, PXIe, AXIe и оптические интерфейсы. Скорость обмена информацией выросла до 40..80 Гб/с. Значительная доля проверок стала производиться с помощью цифровых интерфейсов, таких как ARINC-429, ARINC-708, Fibre Channel и др. Практически полностью исчез и был повсеместно заменён на LAN 100/1000 интерфейс GPIB. Новое поколение зарубежных НАСК, таких как eGASS, LMSTAR, RTGASS и др., превзошло по своим возможностям НАСК предыдущих поколений в десятки раз. Началом расцвета НАСК третьего поколения считаются 2009–2012 годы. В 2012–2015 гг. началось внедрение нового стандарта AXIe, что ещё больше увеличило возможности НАСК. В настоящее время интенсивно проходит замена старых НАСК на новые.

Конечно, такое разделение на поколения является достаточно условным, но оно появилось не на пустом месте. Всё дело в том, что объекты контроля, блоки LRU и SRU постоянно совершенствуются и именно их развитие определяет требования к тестовым системам будущего. Причём все НАСК третьего поко-

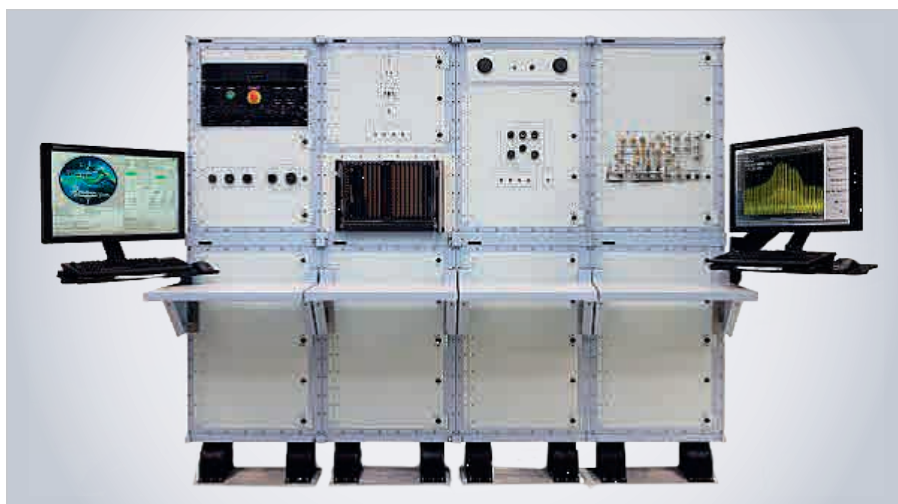


Рис. 3. НАСК третьего поколения

ления прекрасно справляются с задачами тестирования блоков предыдущих поколений, выигрывая у старых НАСК в производительности и цене. Это вынуждает заказчиков тестовых систем при заказе новых НАСК учитывать тот факт, что тестовая система будет эксплуатироваться 15–20 лет, и весьма важно при построении новых НАСК закладывать наиболее передовые технические решения, существующие на момент проектирования системы, чтобы не консервировать отсталость и максимально снизить эксплуатационные расходы в будущем. Большинство старых НАСК используются до сих пор только за счёт наработанного программного обеспечения, но появление новых программных оболочек и инструментов позволяет существенно ускорить разработку нового программного обеспечения.

Всё вышесказанное происходит за рубежом. Там создаются новые НАСК, сменяются поколения тестовых систем. Выстроена определённая технология, которая позволяет наладить обслуживание и качественную эксплуатацию самолётов, вертолётов и других сложных объектов. Рассмотрим, как обстоят дела с системами НАСК в России.

ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ НАСК

Существующие НАСК и НАСК-подобные системы в РФ (часто они называются АИК – автоматизированные измерительные комплексы) также следует разделить на поколения. Наиболее простыми являются НАСК из бортовых приборов и просто наборы приборов с ручным управлением и инструкциями на бумаге. Вряд ли можно называть их системами. Они в неизменном виде существуют десятки лет и используются для тестирования старых блоков.



Рис. 4. Российская НАСК-200 от ЗАО «Бета ИР»

Более современные их версии также используют бортовые блоки и управляются от компьютера. Основной проблемой таких систем является полное отсутствие унификации бортовых приборов и уникальность для каждого типа воздушного судна. Кроме того, они отличаются весьма высокой ценой (из-за использования бортовых блоков), и крайне бедной функциональностью, т.к. бортовые блоки, как правило, не созданы для имитации сбойных ситуаций и моделирования отказов. Эти НАСК-подобные системы по своей идеологии отстают от современных на 25–30 лет.

Системы НАСК-200, разработанные компанией ЗАО «Бета ИР», – это первые настоящие автоматизированные тестовые системы, соответствующие в основном первому и иногда второму поколению НАСК (см. рис. 4). Именно с разработок НАСК-200 в конце 90-х годов



Рис. 5. HASK CS-M от «Информтеста»



Рис. 6. Крейт стандарта AXIe на 14 слотов

началось развитие российских HASK, соответствующих мировому уровню того времени. Их отличает наличие специализированной коммутирующей матрицы стандарта ARINC-608A, управляемой от компьютера через интерфейс GPIB, набора различных приборов, среди которых наиболее часто используется комплект приборов в стандарте PXI от National Instruments.

Одной из основ HASK-200 и его модификаций является программное обеспечение «Протест», на котором создаются прикладные программы контроля конкретных блоков. Применение коммутирующей матрицы приводит к необходимости разработки и изготовления комплекта специализированных адаптеров для подключения проверяемых LRU-блоков с характерной системой подключения к крейту матрицы. Такой под-

ход во многом соответствует системам серии GASS, популярным в США в 1990–1998 годах. HASK-200 в своё время имел большой успех, потому что на две головы превосходил все те HASK, что были созданы в России до его появления, и оказался первым российским комплексом, пригодным для тестирования иностранных воздушных судов. ЗАО «Бета ИП» по праву стало пионером в создании российских HASK, соответствующих по своему уровню иностранным образцам того времени.

Однако со временем появились новые LRU-блоки, стали широко применяться авиационные цифровые магистрали, такие как ARINC-429, ARINC-708, Fibre Channel и другие, обеспечивающие высокоскоростной информационный обмен в самолёте и работающие по специальным протоколам обмена данными. В 2007–2010 гг. появилось новое поколение модульных приборов в стандарте PXIe, в 2011-м – в стандарте AXIe-1.0, с 2015-го – в стандарте AXIe-0. В новых зарубежных системах, таких как eCASS, RTCASS или LMStar разработки 2011–2017 гг., исчезли приборы в стандарте GPIB, исчезли также и коммутирующие матрицы в стандарте ARINC 608A. GPIB повсеместно заменился на LAN 100/1000, коммутирующие матрицы были заменены на модульные коммутаторы в стандартах VXI, LXI, AXIe-0. Особенностью HASK нового поколения стало объединение в одном крейте измерительных приборов, анализаторов протоколов и коммутаторов. Все эти изменения приве-

ли к значительному расширению функциональных возможностей новых HASK, недоступных для предыдущих поколений, а также к существенному снижению габаритов и стоимости новых систем.

Одним из вариантов HASK нового поколения является HASK-CS-M разработки холдинга «Информтест» (см. рис. 5). HASK CS-M можно уверенно отнести к третьему поколению HASK.

Основные отличия этой системы от HASK-200:

- совмещение части измерительных приборов и коммутаторов в крейте стандарта AXIe-0 (см. рис. 6);
- полностью изменилась коммутационная система подключения к LRU: громоздкие адаптеры заменились на небольшие многофункциональные мини-адаптеры, представляющие собой специализированные разъёмы с различными наборными контактами;
- большая часть модульных приборов выполнена в виде мезонинных модулей, устанавливаемых на носитель в стандарте AXIe (см. рис. 7);
- для коммутации СВЧ-приборов применена СВЧ-матрица в стандарте LXI (см. рис. 8);
- программная оболочка CAT специально разработана для упрощённого написания программ тестирования электронных LRU-блоков испытателями, а не программистами;
- модульные приборы для HASK CS-M применены в мезонинном исполнении (см. рис. 9). Для использования таких приборов в стандартном модуле они устанавливаются на соответствующие модули-носители. Носители доступны в стандартах VXI, LXI, AXIe. Такая технология позволяет применять одни и те же приборы в различных крейтах VXI и AXIe. Мезонинная технология недоступна в PXI-стандарте из-за малых размеров платы основного модуля (100×160 мм). При использовании мезонинных приборов достигается высокая гибкость при создании компактных HASK. Например, версия HASK CS-M примерно в 2,5 раза меньше, чем аналогичная HASK-200, построенная по стандартной архитектуре. Высокий уровень автоматизации проверок в HASK достигается при применении СВЧ-матрицы, выполненной в стандарте LXI. Особо следует отметить программное обеспечение CAT разработки холдинга «Информтест», которое позволяет потребителю самому легко и быстро писать прикладные программы проверки блоков. ПО CAT себя прекрасно заре-



Рис. 7. Носитель стандарта AXIe и измерительные мезонины



Рис. 8. Блок СВЧ-коммутации

комендовало при создании прикладных программ контроля космических и авиационных объектов (космический корабль Союз-МС и самолёт SuperJet 100). Большинство системных интеграторов, работающих на САТ, пишут программы сами. Аналогичный подход продвигает National Instruments, когда на Labview или Test Stand интеграторы самостоятельно пишут программы контроля блоков. Такой подход является выгодным за счёт расширения круга потребителей и использования своих программистов, что в конечном итоге снижает цену НАСК. Необходимо также отметить, что применение новой коммутационной системы, не привязанной к крейтам коммутирующих матриц, позволяет существенно сократить размеры и цену адаптеров подключения. Фактически, современное поколение адаптеров превратилось в наборы разъёмов со специальными наборными вставками с контактами различного назначения, от высокочастотных до силовых. Сочетание новой технологии построения НАСК и программного обеспечения САТ позволило сократить скорость проверки авиационных блоков в среднем в 5–8 раз по сравнению с предыдущей НАСК. Не лишним будет отметить то, что примерно 90% приборов в НАСК CS-M разработаны и произведены в России на собственном производстве холдинга «Информтест» в Зеленограде. В ближайшей перспективе последние два зарубежных прибора будут заменены на российские.

Построение НАСК CS-M из российских модульных приборов нового

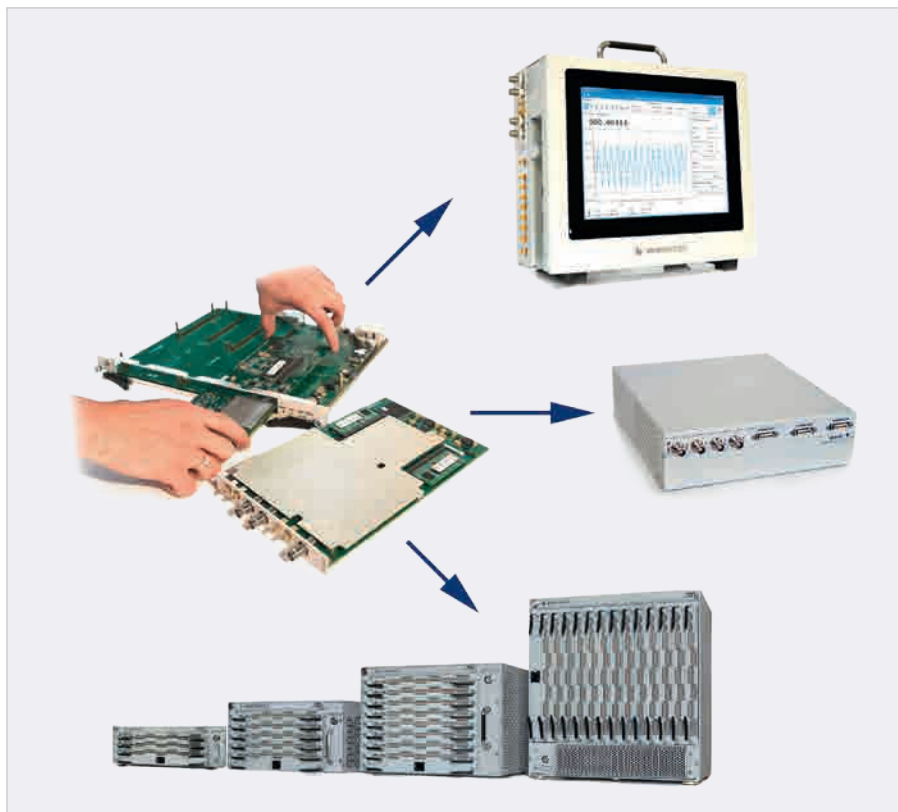


Рис. 9. Мезонинная технология модульных приборов

поколения является ключевым отличием от НАСК-200, использующих импортные приборы.

В составе НАСК CS-M применены следующие российские приборы:

- крейт AXIe-0 на 6 слотов с контроллером CMFC-AXIe с LAN 1 Гб/с;
- генератор МГКС (1,2 Гсэмплов/с, 2 канала, разрядность 16 бит, память 8 Гб);
- осциллограф МОСЦ-6 (2 канала, скорость семплирования 5 Гсэмплов/с, разрядность 8 бит, полоса пропускания 1 ГГц, память 2 Гб/канал);
- мультиметр МЦММ-1 (6,5 знаков, 30000 изм./с);
- upconverter 10 ГГц (полоса переноса 150 МГц);
- downconverter 10 ГГц (полоса переноса 150 МГц);
- диджитайзер МОС-2 (разрядность 14 бит, полоса пропускания 200 МГц, 2 канала, память – до 4 Гб/канал);
- анализатор спектра АС-10 (Downconverter+МОС-2, 10 ГГц);
- генератор сигналов ГС-10 (Upconverter+МГКС, 10 ГГц);
- коммутатор НЧ РК-100x4 AXIe (полная матрица размерности 100x4);
- высоковольтный коммутатор ВВК-AXIe 300x2 (мультиплексор 300x2);
- коммутатор СВЧ 18 ГГц в стандарте LXI (8 каналов 6x1).

Модульные приборы в мезонинном исполнении МОС2, МГКС, МЦММ-1,

МОСЦ-6 устанавливаются в крейт AXIe на носителях мезонинов НМ AXIe. Коммутаторы представляют собой полноразмерные модули в стандарте AXIe-0, конверторы до 10 ГГц и СВЧ-коммутатор выполнены в стандарте LXI. Таким образом, в составе одного изделия присутствуют как мезонинные модули, модули AXIe-0, так и LXI-приборы, что обеспечивает высший уровень унификации при создании НАСК нового поколения.

Из вышеизложенного можно сделать вывод о появлении в РФ новой современной технологии построения НАСК для тестирования авиационных блоков различного назначения. В отличие от иностранных приборов на российские модульные приборы предоставляется 10-летняя гарантия. Процедура поддержания НАСК в пригодном для эксплуатации состоянии должна быть прозрачна и понятна для российских потребителей, и для этого все российские НАСК должны быть занесены в Госреестр средств измерений и обязаны поставляться с методикой поверки и программой самоконтроля. Холдинг «Информтест» имеет в Госреестре средств измерений РФ более 100 приборов и систем и является крупнейшим в РФ производителем модульных приборов в открытых международных стандартах (серийно производится более 90 типов приборов).

