

## КОСМИЧЕСКОЕ ПРИБОРОСТРОЕНИЕ: ГЛАВНОЕ – ПРАВИЛЬНАЯ КОНЦЕПЦИЯ

Рассказывают А.С.Басаев и В.Ю.Гришин



Проблемы создания отечественной элементной компонентной базы (ЭКБ) не новы. Но в "критических" приложениях, таких как космическое приборостроение, они становятся одним из определяющих факторов. Безусловно, область космического приборостроения занимает относительно малую долю рынка электронных компонентов. Но в ней общие проблемы развития электроники в России проявляются ярко и остро. С другой стороны, сами по себе задачи создания специальной техники чрезвычайно важны и требуют наиболее выверенных, концептуально правильных подходов. Как ни странно, российская электроника не может похвастаться развитой и устойчивой системой кооперации между предприятиями различного уровня. Об особенностях взаимодействия между создателями ЭКБ и аппаратуры, о концепции развития космического приборостроения нам рассказали заместитель директора ФГУ НПК "Технологический центр" МИЭТ Александр Сергеевич Басаев и заместитель директора ФГУП НИИ "Субмикрон" Вячеслав Юрьевич Гришин.

О важности взаимодействия разработчиков ЭКБ с разработчиками аппаратуры говорят в последнее время практически постоянно, в том числе – многие высокопоставленные руководители. Однако примеров позитивного взаимодействия такого рода немного. Ваши предприятия обладают реальным опытом в вертикальной интеграции разработок сложной специальной аппаратуры, от комплекса до элементной базы. Как, на ваш взгляд, должна строиться работа между отечественными производителями ЭКБ и аппаратуры?

**В.Гришин.** Мы в основном работаем на рынке специальных систем. В частности, большое внимание мы уделяем космическому приборостроению. И тут один из краеугольных камней – это ЭКБ.

Основная проблема, с которой мы сталкиваемся, – непонимание того, что ЭКБ для применения в естественных усло-

виях космического пространства (КП) – отдельный класс элементной базы, со своими отдельными требованиями. ЭКБ КП не будет до тех пор, пока не будут сформулированы требования к ней. Это первое, с чего нужно начинать. Да, есть набор военных стандартов, таких как "Климат-7" для ЭКБ, "Мороз-6" для РЭА. Но они создавались для систем вооружения и военной техники. В соответствии с ними, в частности, большинство методик испытаний ЭКБ на радиационную стойкость соответствуют воздействиям, присущим ядерному взрыву. Но космическое пространство обладает иной спецификой. Это относительно низкие по интенсивности электронное и протонное излучения от естественных радиационных поясов Земли, воздействующие на космический аппарат в течение длительного времени, а также тяжелые заряженные частицы космического пространства и высокоэнергетические протоны.

Для ЭКБ КП нужно учитывать два основных фактора: стойкость к накопленной дозе и защищенность от тиристорного эффекта. Для космических аппаратов (КА) на низких орбитах со сроком активного существования до пяти лет достаточно интегральной стойкости (электроны и протоны) к накопленной дозе на уровне 100 крад. Тиристорный эффект наиболее ярко проявляется при проектных нормах ниже 0,5–0,35 мкм. Он является следствием воздействия на СБИС одиночных высокоэнергетических частиц, и поэтому микросхемы космического применения должны обладать порогом устойчивости на уровне 60 МэВ·см<sup>2</sup>/мг и выше.

Однако сегодня термин "радиационно стойкая ЭКБ" ассоциируется у производителей и заказчиков с мегарадами и другими особыми свойствами спецстойкости. Для реализации такой ЭКБ нужны особые технологии, например – "кремний на сапфире" (КНС). Но такая постановка задачи отсекает от рынка ряд отечественных производителей ЭКБ, которые могли бы выпускать элементную базу для условий естественного космоса и тем самым закрыть существующие потребности. В частности, практически вся ЭКБ производства НПК "Технологический центр" МИЭТ уже обладает стойкостью на уровне 100 крад, никаких дополнительных мероприятий для ее применения на борту КА не требуются.



Это – принципиальный момент. Поэтому хотелось бы, чтобы эти формальные требования к ЭКБ КП были утверждены соответствующими службами и институтами Роскосмоса и использовались бы Минпромторгом при формировании заданий производителям ЭКБ. Таким образом, в стране мог бы быть сформирован рынок производства ЭКБ космического назначения. Еще раз отмечу, требованиям 100 крад накопленной дозы и порогу тиристорного эффекта 60 МэВ·см<sup>2</sup>/мг может соответствовать ЭКБ, произведенная по уже существующим в России технологиям, с аттестованными технологическими процессами и с уже созданными библиотеками элементов. Такими технологиями обладают НПК "Технологический центр" МИЭТ, ОАО "Ангстрем", ОАО "НИИМЭ" и завод "Микрон", НИИ СИ РАН и ряд других производителей. Если формально ввести требования на ЭКБ КП, дизайн-центры смогут разработать, а предприятия – изготовить соответствующую элементную базу и аппаратуру, удовлетворив потребности рынка.

На сегодняшний день проблемы ЭКБ для КА и их систем существуют сами по себе, вопросы новых технологий ЭКБ – сами по себе, отдельно работают дизайн-центры. Важнейшая задача – связать их вместе.

Прежде всего, прибористы должны высказать свои требования к ЭКБ. Но для этого им необходимо сформировать концепцию развития отрасли с прогнозом по крайней мере на 2015–2020 годы. Основываясь на данном прогнозе, можно выстроить приборный ряд. А уже из системных функций приборного ряда следуют требования к функциональности и номенклатуре необходимой ЭКБ. На основании таких требований формируется набор базовых технологий, необходимых для производства ЭКБ, предполагаемой к применению в перспективных приборных рядах. Таким образом, взгляд "сверху вниз" должен пронизывать общую ситуацию. В противоречие тому, что происходит сегодня.

### **А как сегодня формируется номенклатурный перечень ЭКБ?**

**В.Г.** Реализуется так называемый подход "снизу вверх". Он заключается в том, что идет опрос разработчиков приборов – какая вам нужна ЭКБ? Прибористы, не имея ни концепции развития, ни согласованности, будучи разобщенными географически, выдают очень схожие номенклатурные перечни – процессоры, память, функциональные узлы и т.п. Но при функциональной схожести они отличаются друг от друга по типу используемой ЭКБ. Все эти перечни, которые невозможно проанализировать, сливаются в общий заказ, который затем раздается дизайн-центрам и фабрикам для исполнения. Заказы во многом дублируются и не приводят к решению системной задачи. Даже сделав весь этот набор, нельзя создать нормальный приборный ряд для КА.

**А.Басаев.** При таком подходе проявляется еще ряд проблем. Разработчик аппаратуры при выборе ЭКБ должен учи-

тывать ее функциональные возможности, стоимость, доступность и сроки существования на рынке, надежность, устойчивость к воздействию факторов космического пространства и многое другое. И у нас, и за рубежом существуют официальные перечни ЭКБ, разрешенной к применению в военной и космической технике. Понятно, что в них представлены далеко не самые современные компоненты. Тем не менее, это функционально полные перечни ЭКБ с гарантированной стойкостью и надежностью. Для отечественных компонентов необходимым условием применения в космической технике является их наличие в соответствующем перечне. Но для зарубежной ЭКБ ситуация иная.

Очевидно, что для достижения необходимых требований по надежности и стойкости часто приходится жертвовать функциональностью и другими параметрами, к чему разработчики аппаратуры не всегда готовы. Да и сама процедура приобретения зарубежной ЭКБ космического применения бывает затруднена в силу определенных экспортных ограничений. В итоге почти для каждого нового изделия создается свой "перечень" импортной ЭКБ, оформляются специальные разрешения для его использования в конкретном изделии. И в эти "перечни" часто попадают зарубежные коммерческие микросхемы, не отвечающие по стойкости и надежности требованиям, предъявляемым к ЭКБ КП. Более того, воспроизвести эти микросхемы в стойком исполнении на сегодняшний день технологически невозможно не только в России, но и за рубежом.

Такие "решения"-однодневки на основе импортной ЭКБ, не предназначенной для специальных задач, привели к тому, что рынок выхолощен, нет портфеля заказов при реально существующей потребности, что самым пагубным образом сказывается и на развитии отечественной микроэлектроники.

**В.Г.** Сегодня отраслевые министерства осознали важность проблемы развития отечественной элементной базы для спецприменений. Выделяются деньги на радиационно стойкую ЭКБ, на технологии типа "кремний на изоляторе" (КНИ) с проектными нормами 0,18 мкм, на "системы на кристалле" (СнК) под такие технологии. Но существующий механизм реализации подобных программ достаточно слабый и затратный, не решается вопрос эффективности таких инвестиций. Чтобы избавиться от подобного подхода, в отраслях должна быть сформулирована концепция развития, сформированы перспективные приборные ряды. И уже на их основе должен следовать заказ на ЭКБ.

Российские дизайн-центры обладают достаточными знаниями и опытом для решения самых сложных задач. Наши позиции в плане архитектуры построения космического борта и проектов ЭКБ КП не просто не отстают, а находятся на передовых позициях в мире. В частности, это подтвердилось в сентябре 2009 года на совещании в ESTEC ESA, где присутствовали все космические агентства – НАСА, JAXA, само ESA, Роскосмос и др. Там обсуждались вопросы сов-

местного создания унифицированной технологии SpaceWire для построения бортовой аппаратуры КА.

Отработанная нами концепция создания ЭКБ КП была изложена на НТС Роскосмоса и получила поддержку участников заседания. Основные положения и подходы обсуждаются для включения в комплексную целевую программу Федерального космического агентства.

**Вы говорите про ЭКБ и аппаратуру, которую еще только предстоит создать. Но ведь работать приходится сегодня. Где тут выход?**

**А.Б.** Действительно, это – еще одна проблема. Предприятия Роскосмоса, разработчики аппаратуры находятся в постоянном цейтноте. То, о чем говорит Вячеслав Юрьевич, – это цели для 2015–2020 года. Но ведь существуют и текущие задачи, для которых ЭКБ нужна уже сейчас. Соответственно, уже сегодня в этом вопросе необходима согласованность между различными разработчиками в плане выбора ЭКБ, пусть и импортной. Нужно выработать единые отраслевые правила по применению импортной ЭКБ космического применения. И в первую очередь, должны быть сформулированы требования по обеспечению надежности и стойкости применяемой ЭКБ.

Логичным в этом плане выглядит предложение о применении в космической аппаратуре импортных компонентов только соответствующего уровня качества. А это – компоненты, включенные в специальные перечни ЭКБ, разрешенной для военного и космического применения. Например, есть американский перечень MIL-HDBK-103. Ориентация на компоненты из этого перечня позволяет решить сразу несколько проблем. Прежде всего, требования по обеспечению качества и надежности в целом соответствуют положениям отечественных стандартов. Этот перечень обеспечивает достаточную функциональную полноту, но в то же время значительно ограничивает номенклатуру применяемых импортных компонентов. ЭКБ КП из этого перечня уже производится в стойком исполнении по существующим технологиям, что позволяет, в случае необходимости, решить задачу создания отечественных аналогов.

Большая проблема – быстрая сменяемость коммерческой ЭКБ. Через два-три года обновляются многие функциональные ряды, а для разработки сложных изделий космической техники могут потребоваться многие годы. В то же время для ЭКБ КП, включенной в ограничительные перечни, гарантирована длительная производственная поддержка.

Ну и еще один аргумент. Введение единых требований по стойкости, надежности и обеспечению качества к отечественной и импортной ЭКБ КП создаст единое конкурентное пространство для отечественных и зарубежных производителей электронных компонентов. И я уверен, что использование отечественной ЭКБ во многих случаях окажется более предпочтительным.

**Расскажите подробнее о предлагаемой концепции создания РЭА космического применения.**

**В.Г.** В ее основе лежат три принципа – унификация, модульность и модернизируемость. И каждый создаваемый прибор должен соответствовать этим концептуальным принципам. Подробнее остановимся на унификации.

Наш анализ показал, что унифицированную структуру бортовой вычислительной системы КА можно представить тремя типами подсистем. Подсистема сигнальной обработки работает с большими потоками информации на уровне гигабод. Центральный бортовой компьютер решает задачу сбое- и отказоустойчивых вычислений и поддерживает выполнение алгоритмов управления КА. Аппаратура ввода-вывода информации обеспечивает сбор информации от датчиков и выдачу управляющих воздействий на исполнительные механизмы.

Для каждого из этих типов подсистем можно выделить несколько ключевых компонентов элементной базы и сформулировать к ним требования. Так, каждая из подсистем строится на основе процессоров, элементов памяти и функциональных логических элементов. В отдельный класс можно выделить такие функциональные элементы, как интерфейсные модули.

Мы оценили обрабатываемые потоки данных в каждой из подсистем, а также существующий в России задел в сфере разработки процессорной техники. В результате выяснилось, что в рамках подсистемы ввода-вывода удобно использовать 16-разрядный процессор 1874BE36 (прототип – Intel 196), созданный в НИИЭТ (Воронеж). И пока мы отлаживали опытные образцы аппаратуры и ее программное обеспечение, НИИЭТ получил заказ на доработку СБИС в радиационно стойком исполнении и создал процессор 1874BE05T. Он производится по технологии КНИ 0,5 мкм. На базе этого процессора нами создана методология построения унифицированной аппаратуры ввода-вывода информации. Образцы аппаратуры с процессором 1874BE05T проходят летно-конструкторские испытания на КА "ГЛОНАСС-М" №33.

Требованиям к процессору центрального бортового компьютера соответствовал процессор 1890BM1T с MIPS32-совместимой архитектурой, разработанный НИИ СИ РАН на объемном кремнии. Нашими совместными усилиями процессор дорабатывается и переводится на технологию КНИ 0,35 мкм для применения в условиях космического пространства. Процессор получил обозначение 1900BM1T со сроком завершения ОКР в 2010 году. В первом квартале 2010 года будет собран образец центрального бортового компьютера на макетных образцах процессора 1900BM1T, причем общее и специальное программное обеспечение уже отлажено на его прототипе – процессоре 1890BM1T.

Самой требовательной к вычислительной мощности является система сигнальной обработки. Для нее был выбран процессор семейства "Мультикор" 1892BM8Ф ком-



пании ГУП НПЦ "ЭЛВИС". В его составе – DSP-ядро с SIMD-архитектурой и управляющее ядро, совместимое с архитектурой MIPS32. Процессор оснащен быстродействующими каналами SpaceWire и LINK-портами. Совместная с НПЦ "ЭЛВИС" работа позволила оптимизировать как структуру системы сигнальной обработки, так и архитектуру самой СБИС СнК – 1892ВМ8Ф.

Таким образом, мы сформировали процессорную группу для вычислительной системы КА.

Отдельный вопрос – интерфейсы. Для унификации работ по созданию аппаратуры бортовых вычислительных систем часто используется шина MIL STD 1553В. Конечно, ее применение – это дань сложившейся традиции. Она позволяет увязывать в единую систему уже существующие решения. Но в конечном итоге все бортовые системы КА должны строиться на основе однородной коммутируемой среды, к которой подключаются те или иные ресурсы. Именно такую задачу позволяет решить интерфейсная шина SpaceWire.

Стандарт SpaceWire – это технология построения распределенных вычислительных систем, работающих в режиме жесткого реального времени, на которую ориентируется все мировое сообщество. В России эта технология развивается весьма активно, прежде всего – стараниями компании "ЭЛВИС" совместно с профессором Ю.Е.Шейниным из Государственного университета аэрокосмического приборостроения (Санкт-Петербург). Активно поддерживает это направление и НИИ "Субмикрон". Кроме процессора в вычислительной системе используется СнК коммутатора SpaceWire.

Примечательно, что в 2010 году именно в России пройдет очередная международная конференция по SpaceWire. Это говорит о значимости вклада специалистов нашей страны в развитие данной технологии.

Однако в текущем состоянии технологии SpaceWire присущ ряд ограничений, прежде всего связанных с ограниченной скоростью передаваемых потоков. Сегодня мы эту проблему решаем с использованием интерфейса Fibre Channel. По каналам Fibre Channel принимаются высокоскоростные потоки от полезной нагрузки КА. Но уже в ближайшей перспективе появляется спецификация Space Fibre, позволяющая в рамках единой технологии SpaceWire решить задачу передачи высокоскоростных информационных потоков. В рамках экспериментальной отработки этой концепции НАСА в этом году смоделировала канал Space Fibre на спускаемом аппарате Orion.

Еще одна проблема SpaceWire – гальваническая развязка, которая обеспечивает высокие надежные характеристики вычислительной системы в случае аварии или короткого замыкания в одном из ее блоков. Этот вопрос также легко решается в Space Fibre.

Возвращаясь к элементной базе, отмечу, что все интерфейсные модули на борту КА реализованы в виде специаль-

ных микросборок нашего проектирования или специальных СБИС компании "ЭЛВИС".

Наконец, еще один ключевой момент в плане построения аппаратуры – реализация функциональных устройств на основе базовых матричных кристаллов (БМК). С БМК работают "Технологический центр" и "Ангстрем". Используя их, мы добиваемся того, что все функциональные узлы вычислительной системы КА производятся в России. На БМК построена подсистема ввода-вывода, а также все функциональные узлы, помимо процессора, в центральном бортовом компьютере. Для решения задач сигнальной обработки в "Технологическом центре" ведутся работы по созданию БМК с 1 млн. вентиляей, и в ближайшее время задача будет решена.

**А.Б.** Главное в таком способе построения систем – мы оперируем очень ограниченной номенклатурой элементов общего назначения, а вся специализированная логика реализуется на БМК. Обычно разработчики аппаратуры не очень охотно идут на разработку специализированных микросхем на БМК. Причина очевидна – если потребуется доработка микросхемы и ее повторное изготовление, велики риски удлинения сроков разработки. Нами разработаны специальные программные и аппаратные средства, которые полностью решают эту проблему.

Спроектированная с помощью специализированной САПР "Ковчег" микросхема вначале зашивается в имитатор БМК, реализованный на базе программируемой логической интегральной схемы (ПЛИС). Разработчик аппаратуры может собрать на этих имитаторах макет всего устройства, отработать систему в целом и только после этого заказать изготовление БМК. Такой подход практически на 100% гарантирует, что созданный БМК будет полностью соответствовать модели разработчика. Не менее важно, что пока производится БМК – а полный цикл с испытаниями занимает до четырех месяцев, – разработчик не простаивает. Имея макет аппаратуры на имитаторах, он продолжает набирать программное обеспечение системы, отрабатывать взаимодействие с внешними устройствами. Этот подход мы впервые применили в БМК серии 5503 и в будущем распространим его на все серии БМК, производимые в НПЦ "Технологический центр" МИЭТ.

### **Какие БМК предлагает "Технологический центр" заказчиком?**

**А.Б.** Для космического применения широко используются БМК серии 5503, изготавливаемый по технологии 1,5 мкм, с напряжением питания 5 В. В серии имеются кристаллы на 600, 1200, 3000 и 5000 вентиляей. Эта серия БМК, как впрочем, и все остальные, поддерживается специализированной САПР "Ковчег" нашей собственной разработки. Серия 5507 – полный аналог серии 5503, но с напряжением питания 3 В.

В 2010 году будет завершено освоение в производстве новых серий – 5508 и 5509. В эти серии входят БМК на 7,5; 15, 30 и 60 тыс. вентиляей. Все БМК имеют единые библиотеки. БМК

серий 5503, 5507 и 5508 изготавливаются на объемном кремнии. БМК серии 5509 реализованы на структурах КНИ и обладают повышенной стойкостью к ионизирующему излучению – более 1 Мрад.

В этом году мы завершили ОКР по созданию БМК серии 5521 на 1 млн вентиляей. Эта работа выполнялась совместно с ОАО "НИИМЭ и завод "Микрон" в рамках проекта, финансируемого Роснаукой. Изготавливать пластины для этого БМК планируется на "Микроне", сборку микросхем будем делать у себя. Сейчас прорабатывается вопрос о постановке ОКР для освоения в производстве с приемкой "5".

**Все вышесказанное относится к вопросу унификации элементной базы. А как решаются два других вопроса – масштабируемость и модернизируемость аппаратуры?**

**В.Г.** Мы говорили об общей классификации. Но в каждой подсистеме аппаратура строится именно по модульному принципу. Так, в системе сигнальной обработки кластерная группа из четырех процессоров 1892ВМ8Ф дает суммарную производительность 2,5 GFlops. Это – один унифицированный модуль, и таких модулей может быть несколько – реально построены системы с суммарной производительностью 10 GFlops. По нашим прогнозам, к 2015 году такие процессоры в радиационно стойком исполнении будут производиться с проектными нормами 0,13 мкм, производительность одного процессора возрастет до 8–9 GFlops, а кластерной группы – до 36 GFlops. Коммутационная среда SpaceWire позволяет строить подобные системы, наращивая их теоретически до бесконечности, – в этом проявляется верно выбранный концептуальный подход.

Аналогично, центральный бортовой компьютер строится на основе единого универсального модуля, но таких модулей может быть много.

Уже сейчас, работая над своими проектами, мы прогнозируем, что будет в 2020 году. И основные ключевые компоненты системы должны лежать в рамках прогноза. Только тогда мы, предсказывая изменения технологии, можем влиять на межотраслевую кооперацию так, чтобы наше решение было востребовано через 5–10 лет. А при создании систем вооружения, космической техники иначе просто нельзя.

Таким образом, мы уже сейчас знаем, как масштабировать систему, как ее модернизировать, отслеживая тенденции развития микроэлектроники. Надо только следить, чтобы вовремя ставились соответствующие опытно-конструкторские работы (ОКР).

**Помимо техники, важную роль играет и вопрос экономики. В НПК "Технологический центр" производство никогда не было крупносерийным. Насколько рентабельно тут изготавливать ЭКБ?**

**А.Б.** "Технологический центр", прежде всего, – научная организация, и большую часть финансовых поступлений нам при-

носят НИОКР. Но с самого начала деятельности предприятия мы поставили задачу выхода на реальное производство и выбрали те направления, которые могут быть экономически оправданы именно при относительно небольшом микроэлектронном производстве. Одно из таких направлений – это изготовление специализированных микросхем малыми сериями, но большой, постоянно обновляемой номенклатуры, с особыми требованиями по стойкости и надежности. Каждый новый проект на БМК – по сути новая ОКР. И именно эти многочисленные ОКР, связанные с производством, в рамках одной организации во многом компенсируют затраты на содержание производства и обеспечивают нужную рентабельность. Такая схема позволяет нам успешно работать уже многие годы.

**А стоимость самой элементной базы получается очень высокой?**

**А.Б.** Это очень интересный вопрос. Если сравнивать с аналогичной продукцией "Ангстрема", то наши ИС оказываются немного дороже, все-таки мы не чисто серийное предприятие. Но если сравнивать с аналогичной ЭКБ западного производства, то наша на порядки – не на порядок – дешевле.

**В.Г.** Действительно, БМК при существующих объемах заказов можно сопоставить только с радиационно стойкими ПЛИС, например компании Actel. Но ИС БМК обойдется в 1–2 тыс. рублей, одна ПЛИС с такой стойкостью – от 2 до 10 тыс. долл.

**Смогут ли крупные фабрики, такие как "Микрон" и "Ангстрем", поддерживать производство малых серий ЭКБ КП?**

**В.Г.** Действительно, серийным фабрикам невыгодно производить ИС в объемах нескольких десятков штук. Но есть выход. Его суть – полупроводниковые фабрики оперируют пластинами. Стоимость обработанной пластины достаточно невысока. Возможен подход, когда заказ на ИС, на которую уже есть комплект шаблонов, реализуется на отдельной пластине. Она обрабатывается в едином цикле с другими пластинами. В результате ее себестоимость незначительно отличается от серийных пластин.

**Но пластина – это полуфабрикат, как получить корпусированные микросхемы, прошедшие все необходимые испытания и проверки?**

Для этого мы предлагаем Роскосмосу создать финишное производство, включающее сборку и специальные испытания микросхем из отдельно изготовленных пластин. Причем это может быть сборка как отдельной микросхемы, так и микросборок, микромодулей и т.д., ориентированных на специфику космического применения. Сами произведенные пластины могут достаточно долго храниться в специальных условиях, по мере надобности пластину



извлекают из хранилища, режут на кристаллы и собирают микросхемы. Этот алгоритм разрабатывался в кооперации зеленоградских предприятий, таких как "Технологический центр", НИИ "Субмикрон", "ЭЛВИС", "Ангстрем" и "Микрон". Этот альянс заинтересован в решении данной проблемы. И сейчас основная задача – донести алгоритм ее решения до руководителей отраслей.

### **Если пластины обрабатываются по стандартным техпроцессам, как же обеспечивается их специфика?**

**В.Г.** Тут используется два основных подхода – обеспечение радиационной стойкости при проектировании (RadHard by Design) и при производстве (RadHard by Process). Первый подход предполагает применение стандартной, коммерческой технологии. Именно таким путем идет компания "ЭЛВИС". Этот дизайн-центр разработал специальную радиационно стойкую библиотеку базовых элементов под стандартный техпроцесс. Например, ее процессор 1892BM8Ф изготавливается по стандартной технологии с разрешением 0,25 мкм, сохраняя работоспособность при накопленной дозе более 100 крад. Измеренный порог по тиристорному эффекту превысил 50 МэВ·см<sup>2</sup>/мг. Мы уже создали опытный образец устройства на опытных образцах этих СБИС, провели необходимые испытания.

Второй подход – технологии, ориентированные на радиационную стойкость. К ним относятся технологии типа КНС, КНИ, технологии на объемном кремнии со специальными технологическими операциями для обеспечения радиационной стойкости. Это направление поддерживают, в частности, "Технологический центр" и "Ангстрем".

Отмечу, что нужно использовать оба этих подхода, особенно при пионерских разработках с предельными технологическими нормами. Ведь технология КМОП развивается быстрее, чем специальные технологии.

### **Возможна ли в задачах космического приборостроения международная кооперация?**

**В.Г.** При производстве сложных систем опыт международной кооперации использовать весьма целесообразно. Этого не избежать – по материалам, элементам и др. Даже в США не производятся все типы ЭКБ. Весь вопрос – в разумности подхода к формированию международной кооперации. Этот вопрос никогда не должен сниматься с обсуждения.

**А.Б.** В целом, не менее 80% номенклатуры ИС для космического применения можно производить по радиационно стойким технологиям уровня 0,8–1,5 мкм, которые уже освоены отечественными производителями. Это практически все служебные системы КА. Для задач же обработки, для полезной нагрузки необходимы ИС, изготовленные по технологиям с меньшими технологическими нормами. И

здесь мы пока вынуждены использовать возможности зарубежных производств.

Правда, при использовании зарубежной элементной базы встает ряд уже упомянутых проблем. Однако существенно упростить их может финишное сборочное производство, организованное в России. Ведь высокая надежность ИС космического применения во многом обеспечивается на этапах сборки и испытаний. Ряд западных фирм, работающих на рынке высоконадежных применений, не имеют собственного кристалльного производства. Они заказывают кристаллы на сторонних производствах, а собирают микросхемы сами. Центру сборки нет разницы, где брать кристаллы – на отечественной или зарубежной фабрике – он покупает готовые пластины и подвергает стандартным процедурам обработки и испытаний.

**В.Г.** В области памяти мы активно взаимодействуем с французской компанией 3DPlus. Она скупает лучшие кристаллы (пластины), прогнозируя развитие рынка специальных применений, и реализует технологию Rad Pack – получает микросборки. Например, нам поставляются микросборки памяти объемом 2 Гбайт.

В рамках российской кооперации подобных подходов мы еще ни с кем не достигли, но саму их возможность проговариваем. И это – еще один фактор в пользу необходимости создания в России финишного производства ИС. В рамках Роскосмоса очень удобная площадка для организации финишного производства – НПК "Технологический центр" МИЭТ. Здесь есть необходимый инструментарий, внедрена система качества – требуется лишь небольшое дооснащение.

Неразумно биться головой об стену, когда рядом уже существует отлаженный процесс. Но производство ключевых компонентов, технологии создания стратегических систем должны быть на территории государства. Если говорить о вычислительных системах, то тут ключевые компоненты – это процессоры, поскольку они определяют структуру, идеологию и модернизируемость системы в целом.

### **Слова про унификацию ЭКБ, про стандартизацию, модульность, модернизируемость, поддержку на протяжении всего жизненного цикла изделия и т.п. звучат уже много лет, в том числе – с высоких трибун, и не только по отношению к космическому приборостроению, но и ко всем другим отраслям, как специальным, так и гражданским. Что же мешает принять предлагаемую вами концепцию?**

**В.Г.** В отрасли должна быть концепция построения аппаратуры. Открытая, опубликованная и всем понятная. И когда предлагается создать новый прибор, нужно смотреть, соответствует он концепции или нет. Проблема в том, что все эти правильные слова нужно положить на бумагу и придать

им статус документа. Очень просто, но это нужно сделать. Почему-то последнего шага – формализации – не хватает. Но мы в Роскосмосе пытаемся выработать такую концепцию в рамках создания новой комплексной целевой программы "Создание научно-технического задела, необходимого для разработки служебных модулей и целевых приборов перспективных космических комплексов (2009–2020 годы)".

**А.Б.** На этот вопрос нужно посмотреть еще с другой стороны. НИИ "Субмикрон" – это одна из очень немногих приборостроительных фирм в России, которая при проектировании аппаратуры разумно сочетает использование высокоинтегрированных стандартных компонентов со специализированными микросхемами собственной разработки. И ведущие компании всего мира идут именно по такому пути. Но не в России. Одна из причин состоит в том, что для реализации такого подхода разработчик аппаратуры должен владеть методологией проектирования аппаратуры на основе специализированных микросхем. А в большинстве наших вузов этому просто не учат.

Примерно 10 лет назад мы провели серию курсов – обучали разработчиков аппаратуры разных предприятий методам проектирования специализированных ИС на основе БМК. В полной мере эту технологию освоили только специалисты НИИ "Субмикрон". В значительной мере наш подход восприняли во ФГУП "Комета" и во ФГУП ОКБ "Марс" (Москва). Сейчас аналогичная работа начинает выстраиваться с РНИИ КП. Проявляют заинтересованность и некоторые другие предприятия Роскосмоса.

Любая концепция, в конце концов, реализуется конкретными людьми. Поэтому проблему нужно решать комплексно, начиная с обучения разработчиков методологии проектирования. Только после решения этой задачи придет понимание важности предлагаемой концепции.

**В.Г.** Мы взаимодействуем со многими производителями платформ КА. Наши системы используются в более чем половине всех КА. Но с кем-то мы работаем очень плотно и можем напрямую согласовывать и внедрять наши подходы. У кого-то традиционно роль "первой скрипки" в идеологии построения аппаратуры играет другая компания, которая не работает по принципам, декларируемым НИИ "Субмикрон". Да, мы приходим с новыми знаниями, и генеральные конструкторы КА начинают нас поддерживать. Но часто генеральным конструкторам не хватает информационного поля, чтобы принять объективно оптимальное решение. Просто, нет места и формата для регулярного общения, где можно обсуждать проблемные вопросы. Поэтому в Зеленограде возник альянс предприятий – системная фирма "Субмикрон", производители ЭКБ и передовые дизайн-центры. Мы можем выработать совместное решение и выступать с такими программами. Но в рамках всей отрасли этого мало.

**Остается только предложить страницы нашего журнала в качестве информационной площадки для обсуждения этой важнейшей проблемы.**

**Спасибо за содержательный рассказ.**

*С А.С.Басаевым и В.Ю.Гришиным беседовал И.В.Шахнович*

## **Профессиональные мониторы с высокими эргономическими характеристиками Acer B243H и B233HU**

Корпорация Acer представила новые ЖК-мониторы бизнес-серии (серии В) типа B243H и B233HU повышенной надежности и эргономичности. Возможность регулировки высоты (до 110 мм), наклона (15° вверх и 5° вниз) и поворота (35° вправо и влево) позволяет выбирать оптимальное положение для просмотра. Помимо этого, монитор B243H оснащен шарниром, который позволяет поворачивать монитор под углом до 90°.

Диагональ новых мониторов B243H и B233HU составляет 61 (24") и 58 см (23") соответственно, формат экрана – 16:9. Разрешение мониторов составляет 2048×1152 и 1920×1080 пикселей. Оптимальная плотность пикселей (102 и 92 на дюйм) позволяет улучшить эксплуатационное качество монитора при просмотре большого объема данных, а при просмотре видео обеспечивает качество кинотеатра. Кроме того, новые мониторы позволяют воспроизводить изображение без искажений, которые иногда возникают в результате несовместимости формата экрана и воспроизводимого изображения.

Уровень динамической контрастности новых ЖК-мониторов

компания Acer благодаря применению адаптивной технологии управления контрастностью (Acer Adaptive Contrast Management) составляет 80,000:1, что обеспечивает весьма четкое воспроизведение изображения, насыщенного цветами. Малое время отклика градиаций серого (GTG) позволяет избежать эффекта размытости изображения в динамичном видео или в играх.

Мониторы B243H и B233HU оснащены такими портами, как аналоговый VGA; DVI с защитой HDCP; HDMI для расширенного подключения цифровых устройств, просмотра содержимого с высоким разрешением и видео высокого качества без сжатия, а также портами USB для удобного подключения периферийных устройств и упрощенной настройки нескольких дисплеев

Расширенную цветовую калибровку и управление параметрами дисплея обеспечивает приложение Acer eDisplay Management. В мониторах B243H и B233HU гарантированно полное отсутствие постоянно светящихся дефектных пикселей. Они прошли испытания на соответствие с таким стандартам, как TCO03 и ISO 13406-2.