



# Старый друг лучше новых двух

Владимир Безроднов, Андрей Кузнецов, Сергей Сорокин

**В ходе реализации многолетней программы создания и эксплуатации Международной космической станции специалисты АО «Научно-исследовательский институт авиационного оборудования» и компании ПРОСОФТ в тесном сотрудничестве смогли решить немало сложных технических задач, возникавших в процессе создания передовой космической бортовой техники. Истории сотрудничества, начавшегося ещё в девяностые годы XX века и переросшего в настоящую дружбу, посвящена эта статья.**

7 июля 2016 года с площадки № 1 «Гагаринский старт» космодрома «Байконур» стартовала ракета-носитель «Союз-ФГ», доставившая к Международной космической станции пилотируемый космический корабль «Союз МС». На борту ракеты красовалась юбилейная надпись «70 лет РКК «Энергия». Но этот старт ознаменовал ещё одну дату: двадцатилетие успешного сотрудничества АО «Научно-исследовательский институт авиационного оборудования» и компании ПРОСОФТ, результатом которого явилось создание нескольких поколений уникальной космической техники, в течение многих лет успешно эксплуатирующейся в составе модулей российского сегмента Международной космической станции и пилотируемых транспортных кораблей «Союз», доставляющих на орбиту экипажи МКС.

Начиналась история сотрудничества в середине 90-х годов прошлого столетия, когда в стране велись работы по созданию новой орбитальной космической станции, а перед сотрудниками НИИ авиационного оборудования была поставлена задача создания пульта управления бортовыми системами модулей российского сегмента МКС и пульта космонавтов пилотируемого транспортного космического корабля «Союз ТМА».

## **COTS-ТЕХНОЛОГИИ СПАСАЮТ**

В эти годы разработчики спецтехники в космической отрасли, как, впрочем, и в других отраслях, испытывали

на себе всё большее давление таких факторов, как:

- сокращение финансирования, выделяемого на создание новых систем;
- потребность в снижении сроков разработки и изготовления новых систем;
- расширение задач, решаемых бортовыми системами, в условиях необходимости сокращения массы и габаритов изделия;
- отсутствие отечественной высокоинтегрированной элементной базы, предназначенной для жёстких условий эксплуатации;
- размывание класса разработчиков, виртуозно владеющих искусством создания уникальных функциональных электронных узлов для спецтехники.

В то же время наблюдалось бурное внедрение коммерческих компьютерных технологий в промышленных отраслях. Этому способствовало общественное признание роли компьютеризации в нашей жизни, развитие функциональных возможностей компьютерной техники, а также существенное повышение надёжности электронных компонентов и вычислительных устройств. В результате возник рынок аппаратных и программных компьютерных технологий промышленного назначения, отработанных и стандартизованных на рынке гражданских приложений. Это были распространённые в настоящее время так называемые COTS-технологии.

Применение в создаваемых системах компонентов COTS-технологий позво-

ляло существенно сократить затраты и сроки разработки, повысить потребительские характеристики системы.

При этом изменялись подходы к разработке:

- во главу угла ставился подбор готовых приемлемых по функциональным возможностям и эксплуатационным характеристикам функционально законченных модулей и комплексирование из них системы;
- требовались дополнительные мероприятия для адаптации функциональных модулей к задачам и условиям конкретного применения, поиск конструктивных и системных решений по обеспечению комфортных условий для функциональных модулей;
- в качестве программной среды применялись операционные системы общего назначения, что позволяло использовать при разработке прикладного программного обеспечения широкий арсенал инструментальных программных средств поддержки.

Анализ имевшегося в то время рынка компонентов COTS-технологий привёл разработчиков в стан компании ПРОСОФТ, молодой, но уже прочно занявшей место среди фирм, поставляющих на внутренний рынок промышленное оборудование, предназначенное для жёстких условий эксплуатации. Обратил на себя внимание не только чисто коммерческий интерес к работе с партнёром, но и профессионализм, глубокие технические знания специалистов фирмы в вопросах применения



Рис. 1. Пульт ИнПУ

электронных компонентов, готовность к решению сложных вопросов использования промышленной продукции в составе космической техники.

### ПЭВМ НА БОРТУ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА

Особенностью этого этапа в создании космической техники явилось то, что впервые для управления сложным космическим комплексом разрабатывалась диалоговая система, имеющая архитектуру коммерческой персональной ЭВМ, – интегрированный пульт управления (ИнПУ) для модулей российского сегмента Международной космической станции. Выбор пал на семейство функциональных модулей стандарта MicroPC, разработанное компанией Octagon Systems (США). В пользу этого стандарта говорило наличие широкой номенклатуры функциональных модулей, позволившей создать в едином конструктиве бортовую персональную ЭВМ. И здесь, как в песне: «всё было впервые и вновь». В вычислительном ядре ИнПУ были применены высоконадёжные промышленные компоненты: процессорный модуль архитектуры класса x86, VGA-контроллер, твердотельный IDE-диск (Integrated Drive Electronics – диск со встроенным контроллером), контроллер РСМСIA-порта стандарта MicroPC. Помимо специальной клавиатуры управления, предусматривалась возможность подключения полноразмерной QWERTY-клавиатуры. Для построения системы электропитания ИнПУ были применены модули питания фирмы Interpoint (США). В качестве индикатора был выбран многоцветный электролюминесцентный дисплей фирмы Planar, США. Причиной такого выбора послужило то, что одним из условий применения пульта ИнПУ в составе МКС была необходимость сохранять

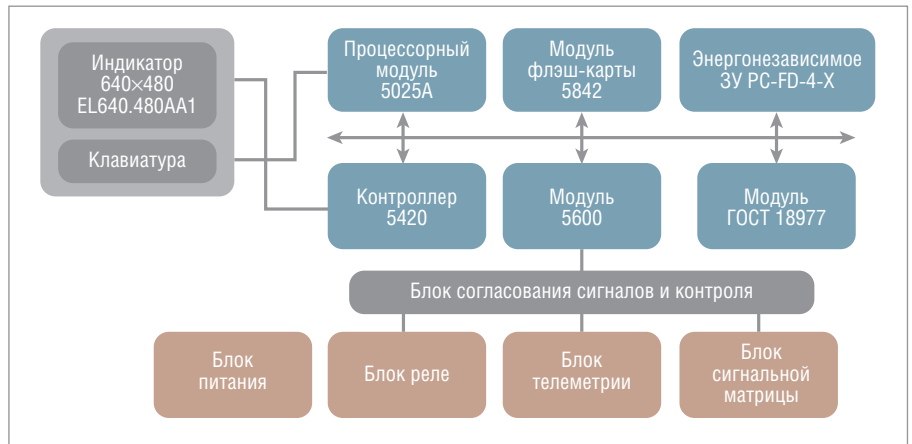


Рис. 2. Структурная схема пульта ИнПУ

работоспособность в условиях вакуума. Все перечисленные ключевые компоненты присутствовали в программе поставок ПРОСОФТ, что значительно упростило нашу задачу. Дальнейшие испытания подтвердили правильность выбора.

Внешний вид и структурная схема интегрированного пульта управления ИнПУ ручного контура управления российского сегмента МКС показаны на рис. 1, 2 [1].

В процессе работы специалисты НИИАО столкнулись с целым рядом проблем, связанных с особенностями применения промышленных модулей в составе оборудования, эксплуатирующегося в условиях пилотируемого космического комплекса. Были реализованы специальные конструктивные решения, направленные на обеспечение работы модулей в условиях экстремальных механических и климатических воздействий, проведены испытания с целью подтверждения возможности функционирования модулей в условиях вакуума,

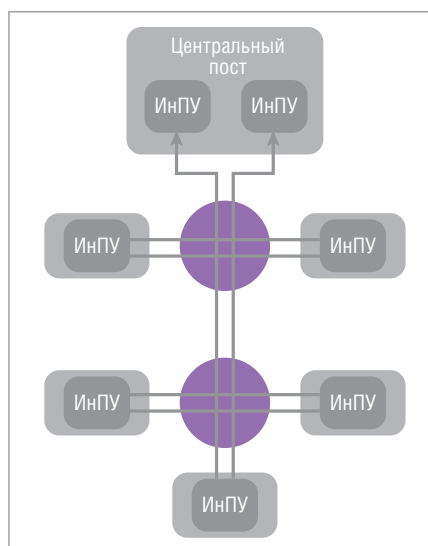


Рис. 3. Структура информационно-управляющей сети

устойчивости комплектующих модулей к воздействию ионизирующего излучения космического пространства, проведены исследования возможного влияния материалов, из которых изготовлены применяемые промышленные модули, на замкнутую среду обитания космического экипажа. Эти и другие проблемы были успешно решены при технической поддержке, а зачастую, и непосредственном участии сотрудников ПРОСОФТ. В ходе работы по созданию ИнПУ был внесён посильный вклад в расширение номенклатуры функциональных модулей в стандарте MicroPC. Была разработана и успешно прошла испытания плата контроллера магистрали ГОСТ 18977-79, позволяющего создавать на базе ИнПУ распределённую информационно-управляющую сеть на основе магистрали ГОСТ 18977-79 с дублированным каналом обмена. Данная магистраль является дальнейшим развитием радиальных протоколов ГОСТ 18977-79 и ARINC 429, её важнейшим преимуществом стала возможность организации магистрального канала обмена между абонентами сети при работе на несогласованную линию связи, что существенно упрощает проектирование, отработку и модернизацию сети (рис. 3). Эта магистраль может применяться при создании высоконадёжных резервных (аварийных) контуров управления распределёнными промышленными комплексами, в особенности в условиях, когда требуется реконфигурация информационно-управляющей сети комплекса в процессе эксплуатации. Количество функционально обособленных абонентов сети – до десяти.

В дальнейшем проведённые автономные и комплексные испытания ИнПУ подтвердили возможность его эксплуатации в составе пилотируемого космического комплекса.



Рис. 4. Интегрированный пульт управления ИнПУ в составе модуля «Звезда» МКС

12 июля 2000 года на орбиту Земли был выведен и 26 июля успешно пристыкован к МКС российский служебный модуль «Звезда». В модуле установлены и по настоящее время находятся в эксплуатации два интегрированных пульта ИнПУ (рис. 4) для управления бортовыми системами модуля. Так продукция компании ПРОСОФТ впервые достигла «заоблачных» высот.

**Унификация – ещё один способ эффективного решения задачи**

Одновременно с задачей разработки ИнПУ российского сегмента МКС перед специалистами НИИАО стояла задача создания бортовой системы отображения информации и органов управления «Нептун-МЭ» космического транспортного пилотируемого корабля «Союз ТМА». Это был космический корабль нового поколения для доставки на МКС и возврата на Землю международных экипажей станции. Особенности формирования международных экипажей, разнообразие и сложность задач, решаемых экипажем в процессе полёта, потребовали создания за короткое время высоконадёжной, эффективной системы отображения информации и органов управления, способной обеспечить контроль состояния и возможности эффективного управления бортовыми системами космического корабля – системы «Нептун-МЭ» спускаемого аппарата пилотируемого корабля «Союз ТМА».

В условиях ограниченного финансирования и недостатка специалистов, в которых в те годы оказались многие предприятия, задача одновременной разработки и сопровождения сложных технических комплексов могла быть решена только на путях межпроектной и внутривнутрипроектной унификации применяемых технических решений. Такой

подход был реализован при разработке пульта космонавтов ПСА-2Э-Ф732 системы «Нептун-МЭ» (рис. 5). И опять выбор пал на испытанного отечественного поставщика – компанию ПРОСОФТ, предоставившую функциональные модули компании Octagon Systems, выполненные в формате MicroPC, многоцветный VGA-дисплей фирмы Planag, модули питания фирмы Interpoint. Помимо функциональных модулей, применённых в ИнПУ, в состав пульта ПСА-2Э-Ф732 вошли контроллеры аналоговых сигналов, контроллеры интерфейса RS-232. В качестве индикатора для отображения дисплейной и телевизионной информации на центральном рабочем месте пульта был выбран монохромный электролюминесцентный VGA-дисплей фирмы Planag. При решении задачи отображения телевизионной информации на экране монохромного электролюминесцентного дисплея разработчики столкнулись с проблемой качества телевизионного изображения из-за ограниченного числа градаций цвета у монохромного дисплея. Для повышения качества изображения специалистами НИИ авиационного оборудования и ООО «ВИДЕОСКАН» (Россия) была разработана плата видеопроцессора «VS-Прогресс» [2], конструктивно и электрически совместимого с серией промышленных функ-

циональных модулей MicroPC Octagon Systems. Видеопроцессор обеспечивал отображение «живой» телевизионной и дисплейной информации на матричном монохромном электролюминесцентном индикаторе, в том числе в режиме совмещения изображения. Использование в видеопроцессоре высокочастотного пространственного фильтра позволило отображать на экране данного монитора малоcontrastные и мелкие детали во всём диапазоне входных яркостей, при этом яркостное разделение и наложение дисплейной информации поверх телевизионного изображения исключало опасность визуальной потери дисплейной информации. Структурная схема видеопроцессора «VS-Прогресс» показана на рис. 6. Видеопроцессор построен на базе программируемых пользователем вентильных матриц, что позволяет менять конфигурацию и параметры видеопроцессора с учётом требований задач пользователя.

Основные технические характеристики видеопроцессора «VS-Прогресс»:

- время ввода телевизионного сигнала – 40 мс;
- формат изображения 640×480 пикселей;
- входной видеомультимплексор на 3 входа;
- диапазон рабочих температур –40...+85°С;



Рис. 5. Пульт космонавтов ПСА-2Э-Ф732 системы «Нептун-МЭ»

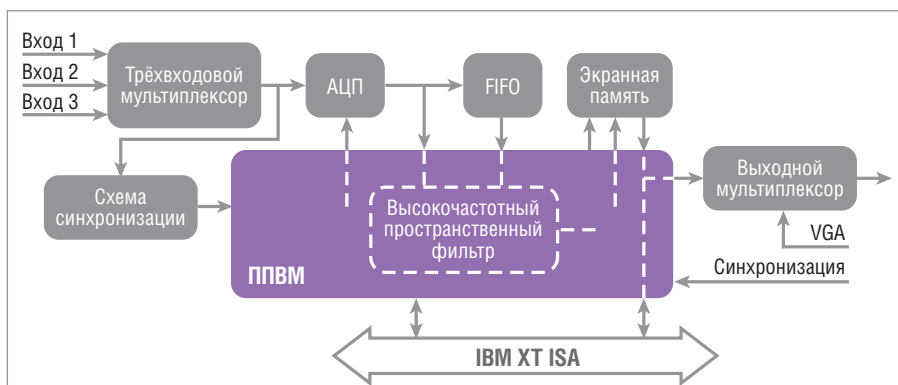
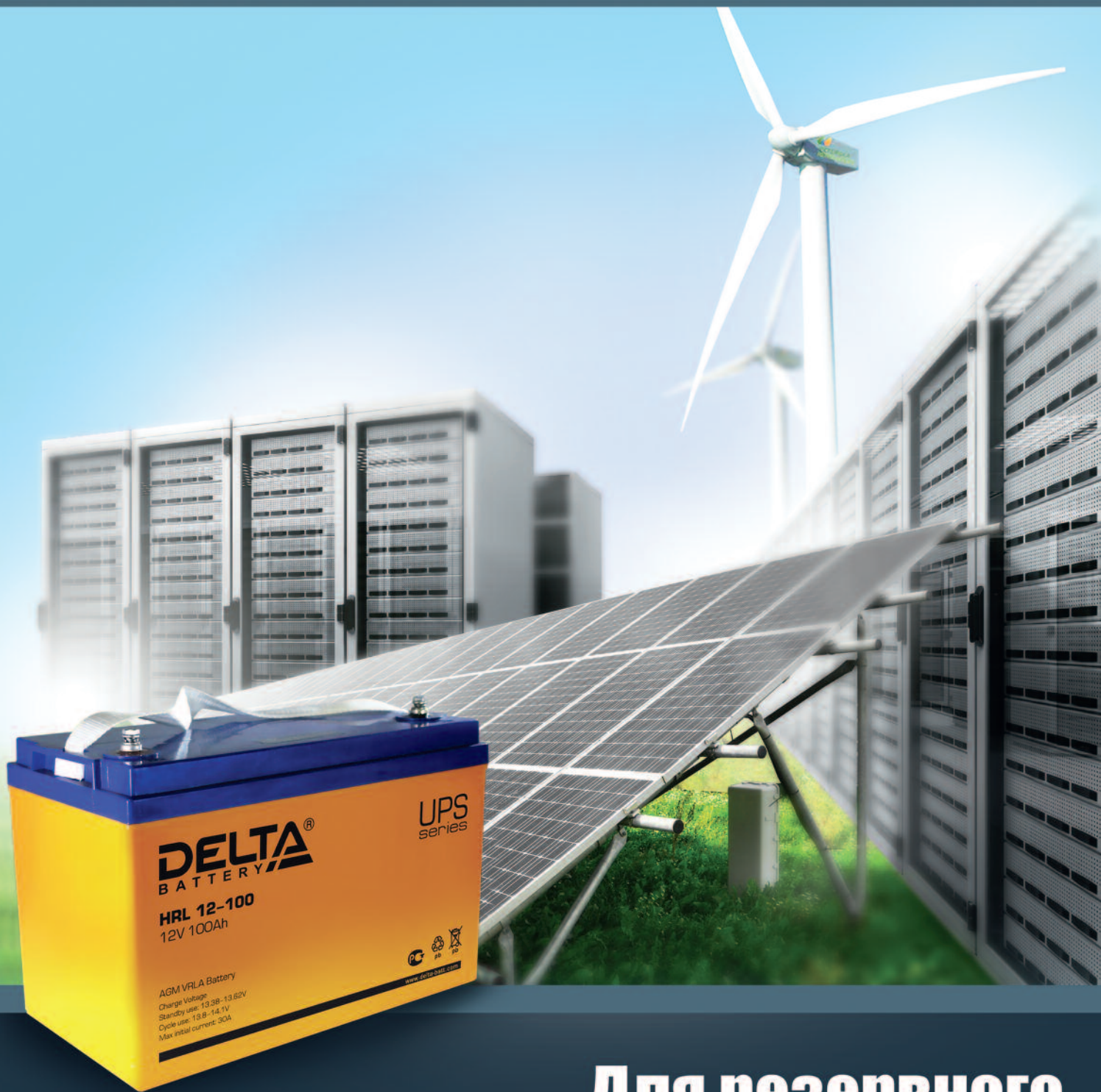


Рис. 6. Структурная схема видеопроцессора «VS-Прогресс»

**DELTA**  
BATTERY

**Промышленные  
аккумуляторы**



**Для резервного  
питания, оборудования связи, ЦОД**

**PROSOFT®**

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР

(495) 234-0636  
INFO@PROSOFT.RU

[WWW.PROSOFT.RU](http://WWW.PROSOFT.RU)



Рис. 7. Пульт космонавтов ПСА-2Э-Ф732 в спускаемом аппарате корабля «Союз ТМА»

● внутрисистемный интерфейс – IBM XT ISA.

Принцип межпроектной унификации был распространён не только на архитектурные и схемотехнические решения. Похожий облик и состав органов управления и индикации ИнПУ и зоны человеко-машинного интерфейса пульта ПСА-2Э-Ф732 способствовали формированию идентичных навыков у космонавтов при работе с пультами на МКС и в кабине космического корабля.

В итоге пульт космонавтов ПСА-2Э-Ф732 представляет собой диалоговую трёхпроцессорную вычислительную систему, объединённую локальной информационной сетью, имеющую два канала отображения информации. Такая архитектура позволила создать отказоустойчивую вычислительную систему, способную решать широкий спектр задач на всех этапах полёта корабля, как в автономном полёте, так и в составе МКС.

После проведения полного цикла наземной отработки пульт ПСА-2Э-Ф732 был допущен к полётам в составе пилотируемых транспортных кораблей «Союз ТМА» (рис. 7).



Рис. 8. В музее космической техники АО «НИИАО» (слева направо: С.А. Сорокин, В.И. Безроднов, астронавт Бельгии Франк Де Винне, С.Т. Марченко)

## Полтора десятилетия успешной эксплуатации

30 октября 2002 года состоялся старт космического корабля нового поколения «Союз ТМА-1» с экипажем в составе космонавтов России Ю.В. Лончакова, С.В. Залётина и астронавта Бельгии Франка Де Винне (рис. 8). Управление бортовыми системами корабля осуществлялось с помощью пульта космонавтов ПСА-2Э-Ф732 системы «Нептун-МЭ».

27 апреля 2012 года совершил успешную посадку космический пилотируемый корабль «Союз ТМА-22». Событие ознаменовало завершение важного этапа в развитии отечественной космонавтики – программы полётов космических кораблей серии «Союз ТМА» и десятилетней истории успешной эксплуатации первого поколения электронных пультов космонавтов «Нептун-МЭ». Оно стало вехой в истории успешного сотрудничества НИИАО и фирмы ПРОСОФТ на ниве отечественной космонавтики.

## Двадцать лет спустя

Эти годы ознаменовались дальнейшим развитием отечественной космонавтики. Новые поколения пилотируемых космических кораблей «Союз» и их функциональные возможности предъявляли новые требования к функциональным возможностям пультов космонавтов «Нептун-МЭ», такие как повышение производительности, увеличение аппаратных ресурсов, расширение изобразительных возможностей. Проведённая глубокая модернизация пульта ПСА-2Э-Ф732, переход на продукцию НПФ «ДОЛОМАНТ» и жидкокристаллические дисплеи, способные работать в условиях вакуума, позволили существенно расширить функциональные возможности пульта, обеспечить

эффективную работу экипажей пилотируемых космических кораблей.

Все эти годы сотрудничество НИИАО и ПРОСОФТ успешно продолжалось. В настоящий момент в разработке НИИАО находится уже третье поколение пультов космонавтов системы «Нептун-МЭ». Важным фактором в процессе жизненного цикла продукции остаются проблемы морального старения функциональных узлов, снятия с производства устаревающих электронных компонентов. Однако применение функциональных модулей, выполненных в стандартном конструктиве, позволяет проводить модернизацию системы, добиваясь существенного расширения её функциональных возможностей, практически без внесения серьёзных конструктивных изменений. Принятый ранее в качестве конструктивной основы стандарт MicroPC позволял каждый раз существенно обновлять функциональные возможности пультов космонавтов без кардинального изменения конструкции пультов.

За прошедшее время в составе систем и блоков космического назначения, разработанных и изготовленных АО «НИИАО», было установлено около 300 функциональных модулей различного назначения, выполненных в конструктиве MicroPC, поставленных фирмой ПРОСОФТ. Почти половина из них установлена в штатных изделиях, прошла эксплуатацию или эксплуатируется в настоящее время в составе бортовых систем космических комплексов, подтверждая высокое качество и надёжность данной продукции. ●

*Коллектив АО «НИИАО» выражает сердечную благодарность коллективу ООО «ПРОСОФТ» за многолетнее успешное сотрудничество, понимание важности и ответственности задач, которые были поставлены перед НИИАО, за своевременную и квалифицированную техническую поддержку при освоении в НИИАО продукции, поставляемой ПРОСОФТ.*

## ЛИТЕРАТУРА

1. Безроднов В., Тяпченко Ю. ПЭВМ на борту пилотируемого космического аппарата // Современные технологии автоматизации. – 1997. – № 1.
2. Безроднов В., Семин М. Расширение области применения дисплеев компании Planar // Современные технологии автоматизации. – 1999. – № 2.

**Авторы – сотрудники НИИАО и фирмы ПРОСОФТ**

**Телефон: (495) 234-0636**

**E-mail: info@prosoft.ru**



НАДЁЖНОЕ ХРАНЕНИЕ



Система хранения данных  
AdvantiX Intellect DS-4024-NA/R3

- До 24 дисков 3,5" в форм-факторе 4U
- До 240 ТБ дискового пространства
- RAID-контроллер – два модуля с резервированием и «горячей» заменой в режиме Active-Active
- RAID 5, 6, 10, 50, 60
- RAID 7.3 (3 диска избыточности)
- RAID M+N (любое количество избыточных дисков)
- Одновременно файловый и блочный доступ
- Контроль производительности системы
- Гарантированный QoS

WWW.ADVANTIX-PC.RU

