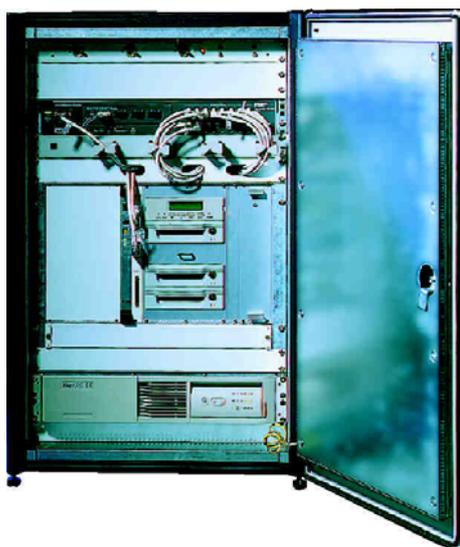


Программно-технические средства верхнего уровня для АЭС

Описываются новые реализации и опыт применения программно-технических средств ПАМИР, предназначенных для верхнего уровня информационно-измерительных систем для АЭС. Данные средства могут быть использованы в других отраслях для систем, используемых в ответственных приложениях и выдерживающих сложные эксплуатационные условия.

Зорин А.В., Федотов А.А., Федотов П.А., Ханджян А.О.

Первые образцы программно-технических средств (ПТС) ПАМИР™ (Рис. 1) – сервера (ПАМИР-ВК) и рабочего места оператора (ПАМИР-РМ), предназначенных для построения информационных систем, используемых в ответственных приложениях и выдерживающих сложные эксплуатационные условия, были разработаны в 1999-2000 г.г. в научно-инженерном центре «СНИИП» совместно с Российским научным центром «Курчатовский институт» [1].



ПАМИР-ВК



ПАМИР-РМ

Рис. 1. Образцы программно-технических средств (ПТС) ПАМИР™

Концепция разработки, сформированная в первую очередь на основе опыта и с учетом современных российских и международных требований к уровню безопасности и качеству эксплуатации реакторных установок [2, 3] в части информационных систем энергоблока (ИСЭ), таких как система контроля, управления и диагностики (СКУД), система верхнего блочного уровня (СВБУ) и др., следует идеологии **архитектуры открытых систем**, понимаемой как:

- *модульность* - в иерархической поуровневой реализации (от аппаратных средств до прикладного уровня системы), использовании магистрально-модульной архитектуры (Compaq PCI);
- *открытость* - в смысле использования распространенных стандартов на отдельные компоненты системы и программного обеспечения (ПО) с открытым кодом.

Благодаря такому подходу, создаваемые решения получают следующие технические достоинства:

- свобода в создании исполнений, различающихся по техническим параметрам, с целью как решения специальных технических задач, так и достижения оптимальных ценовых показателей в интересах заказчиков;
- использование разработанных компонент, как аппаратных, так и программных, в различных изделиях, например, взаимозаменяемость операционных систем и переносимость разработанного тестового и прикладного ПО;
- возможность поддержки работоспособности и модификации технических средств в течение продолжительного периода времени за счет заменяемости отдельных компонент аналогичными стандартными;
- независимость от конкретных поставщиков компонент, в т.ч. эмбаргонезависимость.

Модернизация ПТС

В развитие решений семейства ПАМИР в 2000-2001г.г. осуществлялась разработка вариантов модулей (узлов) ПТС, создание на этой базе новых исполнений ПТС и практическое построение различных решений на основе созданных ПТС.

ПТС ПАМИР состоят в общем случае из следующих конструктивных и функциональных частей:

- монтажный (компоновочный) шкаф;
- системный блок (СБ);
- коммутаторы (КУИСК);
- устройство вентиляции и охлаждения (УВО) СБ;
- источник бесперебойного питания (ИБП);
- блок массива данных (БМД);
- устройство преобразования сигналов многопортовое (УПСМ);
- блок контроля шкафа (БКШ).

Шкаф, внутри которого размещаются остальные компоненты системы за исключением, в ряде случаев, периферийных устройств (внешнего монитора, принтера и т.п.), включает стандартную 19" несущую конструкцию, дополнительные несущие и опорные элементы, и блок кабельного ввода. В новых исполнениях серверов ПАМИР-ВК применен шкаф той же конструкции более высокой глубины и ширины для размещения большего количества блоков и улучшения температурных условий работы компонент внутри шкафа, а также введен вариант облегченного шкафа большей высоты для размещения измерительных и прочих блоков. Введена модификация конструкции ПАМИР-РМ с выдвижной полкой под монитором для размещения клавиатуры с манипулятором. Усовершенствован блок распределения силового питания (БРСП). Блок кабельного ввода теперь обеспечивает вывод кабелей через основание шкафа, его фиксацию и промежуточную кроссировку. Вентиляторы, являющиеся «слабым» местом многих ПТС, сгруппированы теперь в УВО шкафа, допускающее «горячую» замену вентиляторов отдельно или поблочно, а так же контроль их состояния.

Системный блок, содержащий процессорные и прочие модули совместимого форм-фактора, обычно разрабатывается фирмой-производителем процессорных модулей. Вследствие этого при необходимости применения нового процессорного модуля раз-

работчик ПТС вынужден заменять весь системный блок и проводить новые испытания. В процессе маркетинговых и технических исследований удалось освоить конструирование и технологию сборки разнообразных крейтов CompactPCI формата 3U, 4U и 6U из компонент - составных панелей, объединительных кросс-плат (backplane), интерфейсных модулей, панелей подключения источников питания (ИП) и проч. - независимых производителей. Такие фирмы наиболее точно следуют спецификациям стандартов, и в результате в полученных крейтах функционируют все опробованные процессорные модули (ПМ), например, процессоры UltraSPARC и Intel, т.е. достигнута полная платформи-независимость СБ от архитектуры ПМ. Для повышения надежности СБ были разработаны конструкции с дублированными ИП, допускающие «горячую» замену ИП. Для обеспечения работы различных функциональных задач на одном сервере были созданы 1-2 машинные (по числу объединительных кросс-плат) исполнения СБ. Каждая из вышеуказанных «машин» допускает установку одно- и двух-процессорных модулей в количестве и ассортименте, определяемом их совместимостью. Для исполнений класса 4Н разработан также новый тип СБ с форм-фактором PICMG.

УВО СБ, в отличие от УВО шкафа, устанавливаемого на задней стенке стойки, устанавливается горизонтально под СБ для вентиляции последнего.

Коммутаторы (КУИСК) предыдущих ПТС были в стандартном исполнении - отдельным устройством с корпусом для размещения в 19"-стойке. В новых исполнениях может быть несколько коммутаторов формата CompactPCI, устанавливаемых в СБ.

Устройство преобразования сигналов многопортовое (УПСМ), разработанное в качестве варианта дополнения или замены коммутаторов предыдущих исполнений ПТС ПАМИР, включает в себя несущую конструкцию с кросс-платой, модуль контроля УПСМ, модули преобразования среды передачи данных (Ethernet) с возможностью «горячей» замены и дублированные ИП также с возможностью «горячей» замены. С помощью УПСМ обеспечивается конвертация среды передачи данных (оптоволоконной и электрической) сетевых интерфейсов процессорных модулей, коммутаторов и других устройств в необходимый внешний интерфейс (Ethernet, Fast Ethernet, Gigabit Ethernet, ATM), на требуемое расстояние (до 100км), типы оптоволоконного кабеля и соединителей.

Блок массива данных (БМД), который был введен в новых исполнения ПТС ПАМИР как отдельный конструктивный узел для освобождения места в СБ для установки других устройств, включает в себя несущую конструкцию для размещения модульных устройств, жесткий диск (диски), каждый из которых помещен в быстросъемный каркас и допускает «горячую» замену диска в RAID-массиве, опционально – контроллер RAID-массива и конвертор среды передачи данных (оптоволоконной и электрической) для интерфейса SCSI.

В части источников бесперебойного питания (ИБП) были отработаны новые типы ИБП. Как и в других компонентах ПТС, добавлена поддержка протокола SNMP для мониторинга и управления ИБП по локальной вычислительной сети (ЛВС) путем установки соответствующего модуля, помимо связи с системным блоком по интерфейсу RS-232.

Блок контроля шкафа (БКШ), появившийся в новых ПТС ПАМИР, предназначен для сбора информации о состоянии компонент ПТС. Он содержит центральный блок контроля, разнообразные интерфейсы и датчики, например, для измерения температуры, контроля открывания дверей, задымления и проч., включая обеспечение протокола SNMP или через консоль по RS-232.

Для поддержки работы различных процессорных модулей, системное и тестовое ПО (СПО и ТПО) были доработаны для переносимости между архитектурами Sparc-

Solaris и Intel-Linux за счет близости указанных платформ на уровне POSIX-совместимости. СПО и ТПО также были модернизированы в части полноты анализа и представления во внешние системы информации о состоянии ПТС на базе протокола SNMP.

Указанные конструктивные разработки позволили достичь следующих технических характеристик ПТС ПАМИР в целом:

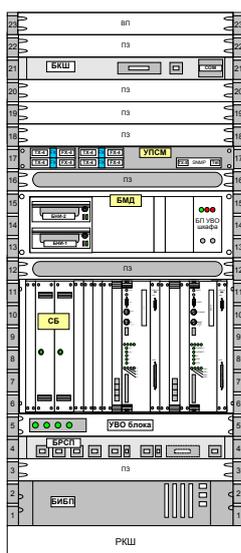
- повышение надежности, ремонтпригодности и улучшения мониторинга состояния ПТС;
- реальная независимость от платформы.

Решения на платформе ПАМИР

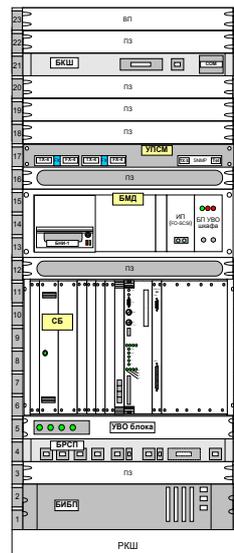
Коллективу разработчиков ПТС ПАМИР за период 2000-2001г.г. удалось создать новые исполнения ПТС ПАМИР, а также апробировать использование этой техники на опыте создания прикладных промышленных систем.

Итогом выполненной разработки стали новые исполнения ПТС:

- ВК-01Р-09 - сервер УСУ-1 (1 или 2 машинный) для применения в СВБУ АСУТП АЭС (Рис. 2),



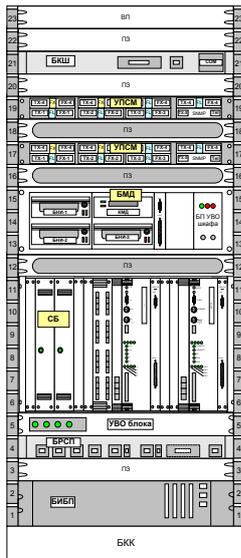
**ВК-01Р-09-02 (двухмашинный)
УСУ-1-2**



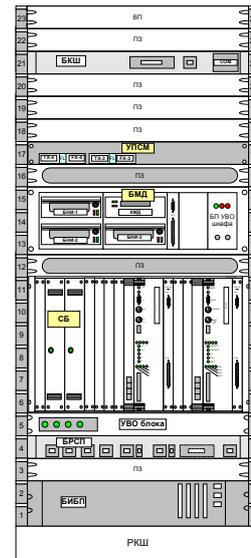
**ВК-01Р-09-03 (одномашинный)
УСУ-1-1**

Рис. 2. Сервера УСУ-1

- ВК-01Р-10 - сервер СКУД (Рис. 3),



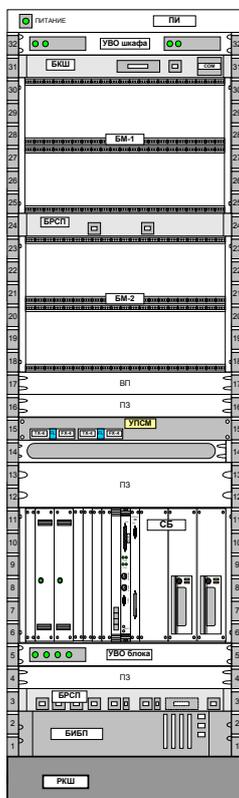
ВК-01Р-10
сервер СКУД



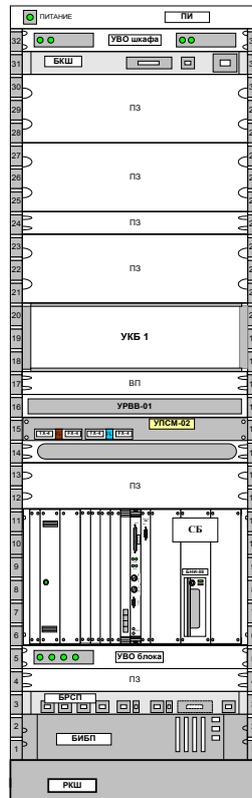
ВК-01Р-10.01
сервер Представительного комплекса
СКУД

Рис. 3. Сервера СКУД

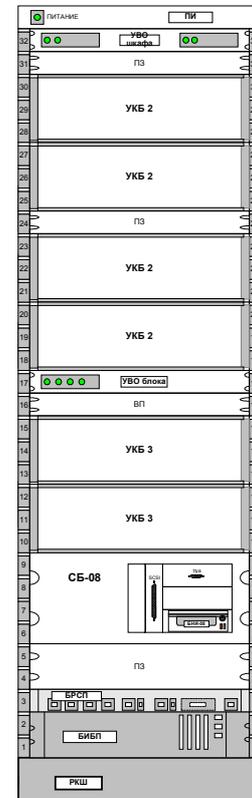
- РМ-01Р-09 – центральный пункт контроля (ЦПК) для АСКРО,
- новый типоразмерный ряд ПТС ПАМИР-БС базовых средств с возможностью размещения заказчиком своих крейтов с УСО и проч. (Рис. 4) – для систем 3Н (системный блок ComtractPCI) и 4Н (системный блок PICMG),



БС-01, БС-02



БС-03



БС-04

Рис. 4. ПАМИР-БС

и ряд других исполнений ПТС ПАМИР.

Эти ПТС имеют много общих компонент и модулей, что позволяет как получать референтность по отдельным узлам в ходе анализа эксплуатации различных систем, так и продолжать новые разработки на базе заимствования узлов.

Одним из случаев практического опыта по созданию прикладной системы на базе ПТС ПАМИР стала разработка ПТК верхнего уровня АСКРО Ростовской АЭС (Рис. 5), решающего задачи приема данных от подсистем нижнего уровня (НУ) (к ним относятся метеокомплекс, промплощадка (ПП), зона наблюдения (ЗН), карта-табло и программы расчета прогноза радиационной обстановки), архивирования принятых данных, отображения данных на экране монитора и печать и сигнализации об аварийных ситуациях и неисправностях.

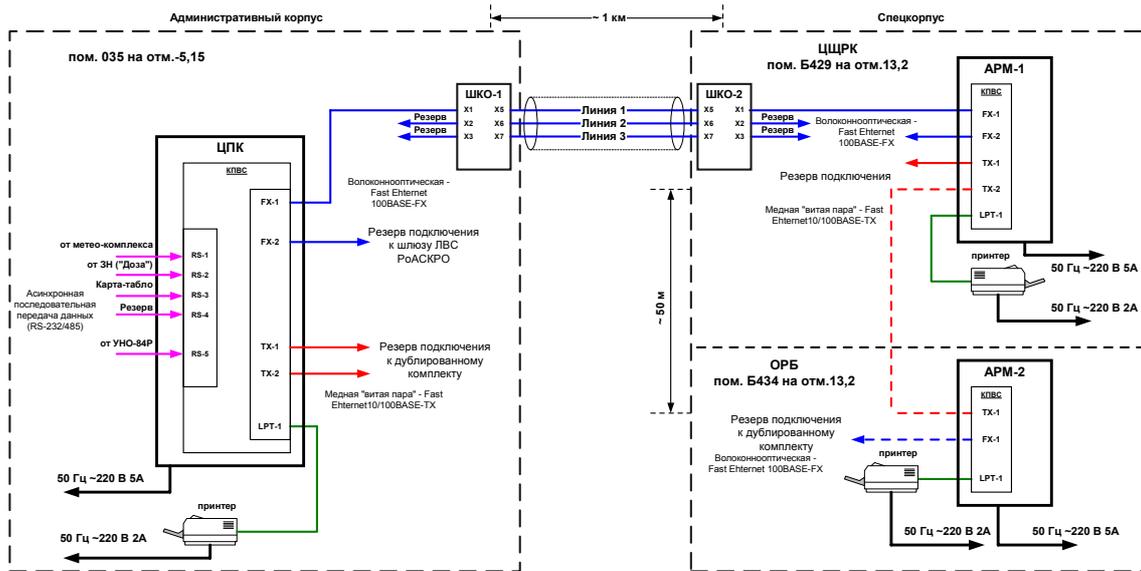


Рис. 5. Структурная схема ПТК верхнего уровня АСКРО Ростовской АЭС

В состав ПТК ВУ АСКРО входят центральный пункт контроля (ЦПК) и 2 АРМ на базе ПАМИР-РМ-09, объединенные в ЛВС АСКРО. В ЦПК через последовательные порты RS-232/485 поступают данные от метеопоста, 20 постов ЗН и 20 датчиков на ПП, а также осуществляется управление картой-табло. АРМ осуществляет отображение данных наблюдения и диагностической информации о состоянии системы (Рис. 6).

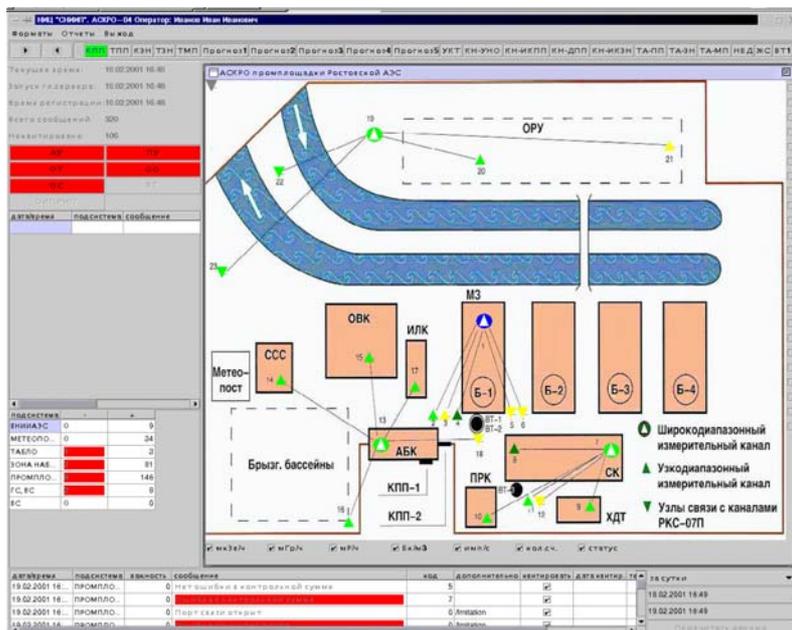


Рис. 6. Главное окно программы отображения данных

Характерной особенностью внедренной системы стало включение модулей УСО (RS-485, RS-232) в ПАМИР-РМ и разработка обслуживающего их ПО. Системное ПО (СПО) и тестовое ПО (ТПО), включая модули поддержки и диагностики оборудования для испытаний и пуско-наладочных работ, реализовано на платформе Intel-Linux. Прикладное ПО (ППО) разработано как независимое от платформы – оно написано на языках Java / C и работает одинаково на операционных системах Solaris, Linux и Windows, причем в такой же гетерогенной среде оно и разрабатывалось. Например, один из расчетных модулей программы реализован соисполнителем проекта на языке Fortran и успешно интегрирован в систему. ППО является модульным (ключевые части ППО организованы как сервера приложений и их клиенты) и распределенным (сервера и их клиенты могут запускаться на произвольных ПТС), давая возможность поэтапно наращивать и модифицировать систему.

Заключение

ПТС ПАМИР были разработаны как современные вычислительные средства верхнего уровня для применения в системах, важных для безопасности АЭС. Конструирование и производство их в России восполняет пробел отечественных средств, образовавшийся после распада СССР, где ЭВМ СМ-2М с соответствующими тому времени характеристиками разрабатывало и выпускало северо-донецкое НПО «Импульс». Последние достижения в разработках ПТС ПАМИР показали правильность основной концепции разработки и ее перспективность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зорин А.В., Федотов А.А., Ханджян А.О., Митин В.И., Калинушкин А.Е., Мусихин А.И. Программно-технические средства и комплексы «ПАМИР». // Ядерные измерительно-информационные технологии-2000. Труды Научно-инженерного центра «СНИИП». – М.: Измерительно-информационные технологии, 2000.
2. V.Mitin, A.Kalinushkin, A.Musihin, V.Tachennikov, S.Tzimalov, M.Golovanov, I.Pavliuk, V.Filatov, A.Zorin, A.Fedotov. Modern in-Core Control System for NPP with VVER in Operation and New Generation VVER with Increased Safety. // International Meeting «30 Years Nuclear Research & Design Activities in ENERGOPROEKT plc Bulgaria», May 31 – June 02. 2000, Varna, Bulgaria.
3. Mitin V. I., Kalinushkin A. E., Musikhin A. I., Tachennikov V. N., Tsymbalov S. A., Golovanov M.N., Pavliuk I. Yu., Filatov V.P., Zorin A.V., Fedotov A.A. Modernized in-core monitoring system (SVRK-M). // Nuclear Science and Technology NPIC&HMIT 2000, 12-16 November 2000, Washington, USA.