

Ю. С. Кучеров¹, С. А. Сорокин¹

¹ АО «Научно-исследовательский институт вычислительных комплексов им. М. А. Карцева»

ЦИФРОВАЯ ЭКОНОМИКА И ПЕРСПЕКТИВЫ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ НИИВК ИМ. М. А. КАРЦЕВА

В статье рассматриваются некоторые направления инновационной деятельности АО «Научно-исследовательский институт вычислительных комплексов им. М. А. Карцева» с точки зрения реализации программы «Цифровая экономика Российской Федерации». Текущий 2019 год станет годом первоочередных мероприятий по таким направлениям программы, как «Информационная инфраструктура», «Формирование исследовательских компетенций и технологических заделов» и «Информационная безопасность». В начале статьи рассматривается деятельность предприятия с целью сохранения лидирующих позиций на рынке аппаратно-программных комплексов и информационных технологий. Отмечается, что разработка вычислительных устройств, систем и технологий ведется с учетом жестких требований к условиям эксплуатации и массогабаритным характеристикам аппаратуры. Далее описаны работы по созданию вычислительных устройств и систем, в частности многофункциональной гетерогенной многопроцессорной вычислительной платформы М-17. Рассмотрены системы безопасности, технологические и аварийные регистраторы информации. Уделено внимание разработке методологии автоматизированного проектирования многослойных печатных плат на основе применения методов и алгоритмов моделирования с анализом и учетом топологических характеристик, параметров помехоустойчивости и обеспечения целостности передачи логических сигналов субнаносекундного диапазона.

Ключевые слова: цифровая экономика, аппаратно-программный комплекс, вычислительная платформа, многослойные печатные платы

Введение

Складывающаяся в последнее время геополитическая обстановка и санкционное давление на Россию обуславливают жесткие требования к разработке перспективных образцов техники, выполнение которых возможно только при использовании передовых технологий и активизации инновационной деятельности предприятия.

Инновационная деятельность предприятия – это совокупность мероприятий по созданию принципиально новых изделий и/или изделий с новыми потребительскими свойствами, созданию и применению новых или модернизации существующих технологий разработки и производства продукции, обеспечивающих сокращение затрат и своевременное удовлетворение рыночного спроса.

Тема инноваций в настоящее время чрезвычайно актуальна во всех сферах деятельности. Планы развития на период до 2021 года нацелены на сохранение лидирующих позиций АО «НИИ вычислительных комплексов им. М. А. Карцева» на рынке аппаратно-программных комплексов и информационных технологий и обеспечение высокой эффективности деятельности за счет роста привлекательности изделий и услуг для потенциальных

заказчиков, а также радикальное повышение производительности труда сотрудников института. Достижение этой цели предполагает внедрение новой модели функционирования института, базирующейся на ориентированной на заказчиков организационной структуре и использующей современные методы управления, новый уровень автоматизации и реинжиниринг бизнес-процессов. Реинжиниринг бизнес-процессов – фундаментальное переосмысление и радикальное перепроектирование бизнес-процессов для достижения максимального эффекта производственно-хозяйственной и финансово-экономической деятельности предприятия, оформленное соответствующими документами организационно-распорядительного и нормативного характера.

Быстрый рост портфеля заказов требует пристального внимания к вопросам формирования оптимальной структуры предприятия, подбора кадров и применения современных методов планирования. При рассмотрении вопросов инновационного развития института следует иметь в виду существенные различия в требованиях к продукции военного и гражданского назначений.

Достижение поставленных целей обеспечит выход на качественно новый уровень решения задач

заказчиков, позволит оптимизировать издержки, снизит зависимость предприятия от экономической конъюнктуры, повысит стабильность и предсказуемость финансовых результатов.

Первым необходимым условием развития инновационного бизнеса является существование спроса на инновации со стороны заказчиков, спроса полноценного, а не разового, сиюминутного. Второе условие связано с наличием высококвалифицированных кадров соответствующего профиля. Третье условие – доступность финансовых ресурсов в форме «длинных» кредитов на приемлемых условиях. К сожалению, с большой натяжкой можно констатировать, что пока обеспечено лишь второе условие. Опыт девяностых годов прошлого века, когда финансирование научно-исследовательской деятельности предприятий подверглось необоснованному драматическому сокращению, остался в прошлом, но может повториться.

АО «НИИВК им. М.А. Карцева» имеет многолетний опыт в области создания вычислительных комплексов и программного обеспечения для обработки больших объемов радиолокационной, гидроакустической и другой информации.

Вычислительные устройства, системы и технологии

Институт является авторитетным в нашей стране предприятием в области цифровой техники и информационных технологий. Основное направление деятельности – разработка и производство вычислительных комплексов, способных обрабатывать большие массивы данных в системах реального времени. Комплексы и рабочие станции обработки сигналов и изображений многоцелевого применения с производительностью в десятки терафлопс разрабатываются с жесткими ограничениями по объему аппаратуры, условиям эксплуатации и потребляемой мощности.

Отдельным направлением, которое развивается в последнее время, является разработка универсальных аппаратно-программных платформ для создания быстродействующих контрольно-измерительных и вычислительных комплексов в составе радиотехнических систем различного назначения.

Также проводятся работы по созданию программно-аппаратных комплексов и автоматизируемых систем для управления транспортными средствами и промышленными системами автоматизации (воздушный и морской транспорт, метрополитен, атомная энергетика и т.п.), требующих повышенной надежности, производительности и учитывающих специфику выполняемых задач.

В рамках упомянутых направлений деятельности был создан и более пяти лет эксплуатируется инструментальный вычислительный комплекс

(рис. 1) для моделирования, разработки, настройки и испытаний радиоэлектронных систем и комплексов «Риф» [1]. В инструментальном вычислительном комплексе предусмотрено до 1024 каналов аналогового ввода и до 2048 каналов дискретного ввода, а также до 512 каналов аналогового вывода и до 1024 каналов дискретного вывода. В комплексе реализованы следующие типы каналов связи – RS-232, RS-485, USB, Ethernet, беспроводная связь по стандарту 802.11.

Область применения комплекса весьма широкая – от радиолокации, гидроакустики, авиации, транспорта до мониторинга технологических параметров, автоматизированных систем управления, создания программных симуляционных моделей и, наконец, разработок в области искусственного интеллекта и робототехники.

Создание многоцелевой высокопроизводительной вычислительной платформы М-17 (рис. 2) было направлено на решение следующих классов задач: обработка радиолокационной и гидроакустической информации, обеспечение эффективной работы распределенных баз данных реального времени и систем хранения данных, построение высоконадежных резервируемых систем управления.



Рисунок 1. Инструментальный вычислительный комплекс «Риф»



Рисунок 2. Многоцелевая многопроцессорная вычислительная платформа М-17

Одним из направлений повышения производительности вычислительных систем является создание платформ с гетерогенной архитектурой, позволяющих максимально эффективно задействовать вычислительные ресурсы классических процессоров, графических ускорителей и сопроцессоров на базе программируемых логических интегральных схем (ПЛИС) для решения задач, которые требуют массивно-параллельных вычислений [2]. Такие вычислительные системы необходимы для целого ряда приложений: обнаружение и сопровождение объектов в гидроакустике и радиолокации [3], обработка цифровых изображений и машинное зрение [4], сейсмическая разведка и прогнозирование климатических и погодных явлений, моделирование быстропротекающих физических процессов в ряде отраслей промышленности, численный анализ [5], задачи квантовой химии, биологии, медицины и т.д.

Практика показала, что в настоящее время все больший интерес представляют проблемно-ориентированные решения, позволяющие пользователю с помощью платформ с гетерогенной архитектурой конфигурировать и масштабировать вычислительную систему под решение конкретной задачи. Универсальные гетерогенные модульные вычислительные платформы более эффективны с экономической и эксплуатационной точек зрения. При их использовании смена прикладной задачи не ставит перед пользователем проблему приобретения совершенно новых программно-аппаратных средств – необходимо лишь несколько изменить конфигурацию универсальной платформы. Так, реконфигурируемая вычислительная платформа М-17 позволила без особых затруднений и финансовых затрат применить ее в информационном аппаратно-программном комплексе «Спутниковый контроль авиационных систем» [1].

В зависимости от требований к вычислительной системе по производительности и условиям

эксплуатации, базовые конструктивы платформы М-17 доступны в трех исполнениях:

- с вентиляторным охлаждением для установки в 19-дюймовую стандартную стойку. Установка шести базовых конструктивов в один шкаф позволяет достичь максимальной пиковой производительности 15–18 Тфлопс;
- с кондуктивным отводом тепла – выделяемое тепло отводится на корпус с дальнейшим рассеиванием в окружающую среду. Данное исполнение ориентировано на применение в бортовых вычислительных системах;
- с гибридным отводом тепла – выделяемое тепло отводится на корпус, который принудительно охлаждается двумя вентиляторами.

Вычислительные системы, создаваемые на базе платформы М-17, могут масштабироваться путем наращивания количества базовых конструктивов платформы, соединенных быстродействующими оптическими каналами связи.

Учеными института проводятся работы по встраиванию вычислительной платформы М-17 в различные радиотехнические комплексы и станции, а также по созданию системы жидкостного охлаждения.

Кроме вычислительного комплекса «Риф» и вычислительной платформы М-17, институтом разработан целый ряд (рис. 3) мультипроцессорных малогабаритных масштабируемых спецвычислителей, миниатюрных вычислителей и малогабаритных вычислительных модульных платформ [1].

Системы безопасности, технологические и аварийные регистраторы информации

Одним из направлений научной деятельности института является разработка систем безопасности для воздушного, наземного и морского транспорта со следующими возможностями:



Рисунок 3. Высокопроизводительные мультипроцессорные малогабаритные масштабируемые спецвычислители

- контроль состояния объектов транспорта и своевременное информирование обслуживающего персонала и службы диспетчерского контроля об угрозе возникновения нештатных ситуаций;
- определение причин нештатных ситуаций и осуществление автоматической оценки действий лиц, управляющих данным транспортным средством;
- выдача необходимых сигналов и команд при аварийных ситуациях и технологических отклонениях процессов управления;
- оценка и необходимая коррекция техники управления транспортным средством.

Данные системы базируются на технических средствах – регистраторах информации с защитой

от аварийных и поставарийных внешних воздействий. Системы регистрации созданы на основе гибкой цифровой платформы собственной разработки и позволяют предлагать решения для различных видов воздушного, наземного и морского транспорта.

В своем составе технологические и аварийные регистраторы информации имеют защищенные от внешнего воздействия блоки памяти и могут применяться для воздушных судов, беспилотных летательных аппаратов, поездов метрополитена, электропоездов, электромобилей, а также для важнейших объектов экономического и административного значения (атомных и тепловых электростанций, гидроэлектростанций и предприятий повышенного уровня опасности).

Серийное производство данных регистраторов (рис. 4) организовано непосредственно на предприятии. Так, одна из моделей устройства регистрации параметров движения поездов метрополитена серии РПСП для составов типа «Яуза», «Русич», 81–717К выпущена в количестве более 600 комплектов.

Особую роль в ближайшее время будут играть системы безопасности для беспилотной авиации, роль которой очень быстро растет. Наряду с «мирными» беспилотными летательными аппаратами (БЛА), огромное внимание практически во всех странах мира уделяется боевым БЛА и крылатым ракетам. Являясь эффективными средствами нападения, как это ни парадоксально звучит, они требуют применения надежной системы собственной безопасности, основанной на регистрации параметров полета.

В настоящее время в институте на базе систем безопасности для дистанционно пилотируемых летательных аппаратов и самолетов легкомоторной

авиации разрабатываются системы безопасности нового поколения для БЛА. Основу регистратора для системы составляет блок твердотельной энергонезависимой памяти большой емкости, помещенный в металлическую капсулу, защищенную от аварийных воздействий.

В случае аварийного происшествия обеспечивается сохранение информации при следующих внешних воздействиях:

- одиночный удар при длительности 6,5 мс – 1000 г;
- статическая нагрузка 1000 кг в течение 5 мин по трем осям поочередно;
- прокалывающий удар стального бруса массой 100 кг с высоты 3 м при поперечном сечении контакта 0,32 см²;
- максимальная температура окружающей среды в течение 15 мин при 100%-ном охвате пламенем поверхности регистратора – 1100 °С;

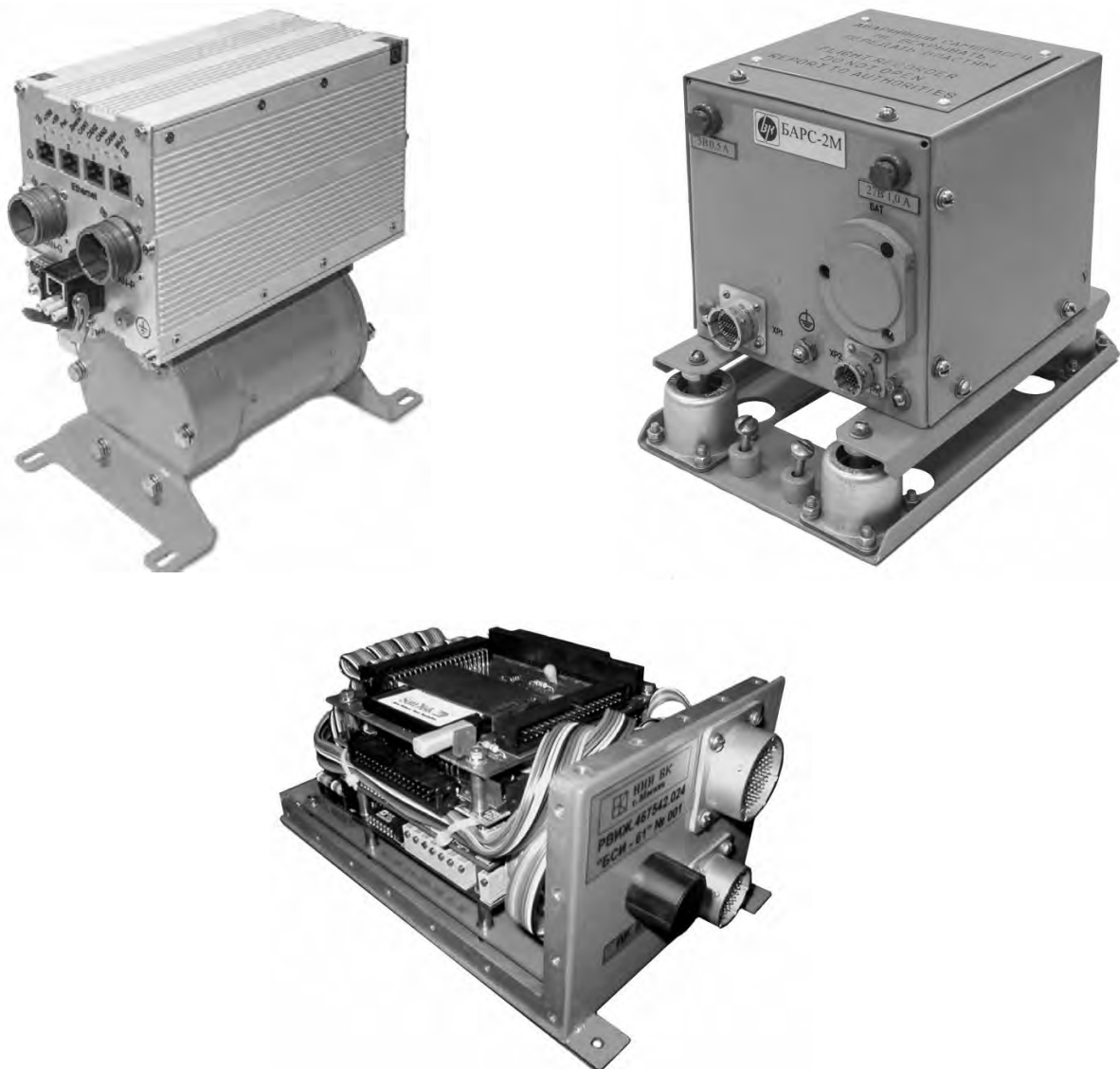


Рисунок 4. Бортовые регистраторы информации различного назначения

- время нахождения в морской воде на глубине 1000 м – 30 суток.

Полетные данные и другая информация могут быть представлены в формате, принятом для обработки в соответствующих испытательных центрах и на полигонах.

Для защиты аппаратуры от проблем в сетях питания наряду с устройствами бесперебойного питания применяются так называемые сетевые защитные модули. Данные модули относятся к классу устройств защиты от импульсных перенапряжений, приходящих по сети электропитания, проводным линиям связи, различным металлоконструкциям. В современных комплексах ответственного назначения обязательно должны применяться защитные модули.

На рынке силовой электроники имеется огромный выбор различных сетевых устройств защиты как импортного, так и отечественного производства. Проблемы, связанные с сетевыми импульсами от разрядов молнии и при перекоммутации мощных потребителей, хорошо изучены и находят решение при создании сетевых защитных модулей.

В последнее время особое внимание уделяется защите аппаратуры от преднамеренных силовых электромагнитных полей и высокоэнергетических импульсных помех в сетях питания.

На предприятии создана оригинальная испытательная стендовая аппаратура, имитирующая различные высоковольтные сетевые импульсы, с помощью которой можно проверить стойкость любой системы защиты на соответствие российским и международным стандартам. Результаты испытаний систем защиты, представленных на рынке силовой электроники, показали несостоятельность многих изделий на соответствие целому ряду требований ГОСТ «Испытания на устойчивость к преднамеренным силовым электромагнитным воздействиям» [6].

Преднамеренные силовые электромагнитные воздействия создают опасность вывода из строя средств автоматизации жизненно важных систем:

систем управления и связи, банковских систем и систем энергоснабжения, экологически опасных производств и т.п. Наибольший ущерб при преднамеренных силовых электромагнитных воздействиях может быть нанесен объектам с непрерывным циклом обработки информации.

Специалистами АО «НИИВК им. М. А. Карцева» разработаны и серийно изготавливаются сетевые защитные модули типа «Сезам» [1]. Данные модули отличаются широким диапазоном длительности и энергии ограничиваемых импульсов и ряд дополнительных опций, повышающих надежность защищаемых жизненно важных систем.

Сетевые защитные модули типа «Сезам» (рис. 5) удовлетворяют требованиям соответствующих стандартов и позволяют производить защиту аппаратуры от повышенного напряжения, импульсов амплитудой до 10 кВ и разрядов молнии, последствий обрыва нулевого провода, преднамеренных электромагнитных воздействий. В настоящее время ведется серийное изготовление модулей «Сезам» для банковского сектора страны.

Системы автоматизации проектирования

Разработка высокопроизводительных вычислительных платформ на основе микросхем многоядерных процессоров и контроллеров российской разработки является важнейшей задачей импортозамещения вычислительной техники. При этом разработка электронных модулей, лежащих в основе современных вычислительных систем, предполагает обязательное использование систем автоматизации проектирования (САПР) [7].

Технические и эксплуатационные характеристики высокопроизводительных вычислительных электронных модулей во многом определяются конструкцией и технологией изготовления многослойных печатных плат (МПП). МПП являются основным несущим и коммутирующим элементом современных вычислительных систем. Повышение интеграции и числа выводов сверхбольших интегральных схем (СБИС), увеличение тактовой частоты при высоких требованиях к целостности сигналов



Рисунок 5. Сетевой защитный модуль типа «Сезам»

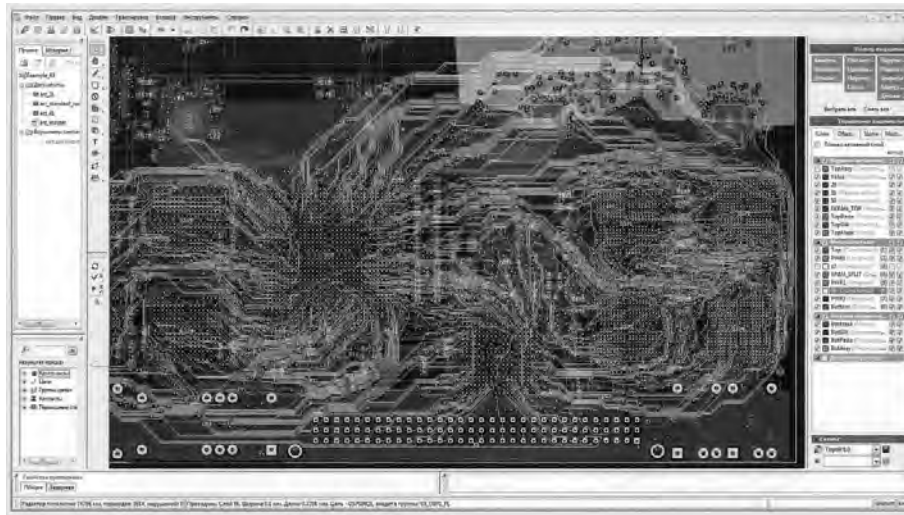


Рисунок 6. САПР электронной аппаратуры

и электромагнитной совместимости, внедрение новых технологий производства печатных плат, глобализация баз данных и диверсификация проектирования и изготовления предъявляют повышенные требования к средствам проектирования МПП.

Отечественная базовая технология обеспечения качества (целостности) сигналов вычислительных комплексов должна создаваться с использованием российских средств моделирования и анализа переходных процессов в линиях передачи информации на уровне МПП. Инструментарий современных САПР не всегда позволяет адекватно моделировать процессы, возникающие при прохождении высокочастотных сигналов в условиях высокой плотности размещения печатных линий на плате, что приводит к расхождению результатов моделирования с работой реального устройства.

Проблема взаимного влияния сигналов субнаосекундного диапазона, проходящих по близко расположенным печатным проводникам, с учетом количества слоев современных МПП и плотности расположения печатных линий связи на этих слоях весьма актуальна для разработчиков высокопроизводительных вычислительных устройств.

Создание эффективной отечественной САПР электронной аппаратуры, учитывающей вопросы электромагнитной совместимости, является важной

задачей обеспечения технологической независимости в области инженерного программного обеспечения.

На предприятии ведется теоретическая и практическая работа в этой области. Создается алгоритмическая база для отечественной САПР электроники (рис. 6), проводится обучение пользователей, обеспечивается сервис по созданию библиотек компонентов и т.п.

Выводы

Таким образом, АО «НИИВК им. М. А. Карцева» обладает уникальными для России компетенциями в сфере создания современных вычислительных устройств и комплексов, систем безопасности, технологических и аварийных регистраторов информации, а также средств автоматизированного проектирования многослойных печатных плат. Разрабатываемые устройства и системы успешно применяются в специальной и гражданской технике.

В настоящей работе перечислены лишь некоторые направления инновационной деятельности АО «НИИВК им. М. А. Карцева». В выпуске журнала «Вопросы радиоэлектроники» № 5 за 2019 год предлагается более подробно ознакомиться с разработками института по интересующим читателей тематикам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. НИИВК им. М.А. Карцева. НИИ вычислительных комплексов. Традиции. Призвание. Прогресс. М.: НИИВК им. М. А. Карцева, 2017.
2. Баранов Л. Д., Лобанов В. Н., Чельдиев М. И. Применение многопроцессорной вычислительной платформы с гетерогенной архитектурой для решения задач гидроакустики и радиолокации // Вопросы радиоэлектроники. 2018. № 5. С. 7–15.
3. Аппаратно-программный комплекс для испытаний загоризонтных радиолокационных станций с использованием метода автоматического пассивного обзора воздушного пространства / С. А. Сорокин, С. С. Свердлов, Ю. С. Кучеров, В. А. Собчук // Вопросы радиоэлектроники. 2018. № 5. С. 17–23.

4. Иванов М. И., Сорокин С. А. Обработка изображений в системе технического зрения с использованием высокопроизводительных вычислительных платформ // Научные ведомости БелГУ. 2017. Вып. 2. С. 153–160.
5. Карцев М. А. Вычислительные системы и синхронная арифметика. М.: Радио и связь, 1981. 360 с.
6. ГОСТ Р 52863–2007. Защита информации. Автоматизированные системы в защищенном исполнении. Испытания на устойчивость к преднамеренным силовым электромагнитным воздействиям. Общие требования. М.: Стандартинформ, 2008. 38 с.
7. Сорокин С. А. Методология проектирования печатных плат высокопроизводительных вычислительных устройств для компьютерных интегрируемых платформ: диссертация доктора технических наук. М.: 2018. 381 с.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Кучеров Юрий Сергеевич, к.т.н., генеральный директор, АО «Научно-исследовательский институт вычислительных комплексов им. М. А. Карцева», Российская Федерация, 117437, Москва, ул. Профсоюзная, д. 108, тел.: 8 (495) 330-09-29, e-mail: kucherov@niivk.ru.

Сорокин Сергей Александрович, д.т.н., генеральный конструктор, АО «Научно-исследовательский институт вычислительных комплексов им. М. А. Карцева», Российская Федерация, 117437, Москва, ул. Профсоюзная, д. 108, тел.: 8 (495) 330-09-29, e-mail: sorokin@niivk.ru.

For citation: Kucherov Yu. S., Sorokin S. A. Digital economy and prospects of innovative development of M. A. Kartsev Computing System Research and Development Institute. Voprosy radioelektroniki, 2019, no. 5, pp. 6–13. DOI 10.21778/2218-5453-2019-5-6-13

Yu. S. Kucherov, S. A. Sorokin

DIGITAL ECONOMY AND PROSPECTS OF INNOVATIVE DEVELOPMENT OF M. A. KARTSEV COMPUTING SYSTEM RESEARCH AND DEVELOPMENT INSTITUTE

The article deals with some areas of innovative activity of M. A. Kartsev Computing System Research and Development Institute from the point of view of implementation of the program «Digital economy of the Russian Federation». 2019 will be a year of priority activities within the areas of «Information infrastructure», «Formation of research competencies and technological reserves» and «Information security». At the beginning of the article the activity of the enterprise for the purpose of preservation of the leading positions in the market of hardware and software complexes and information technologies is considered. It is noted that the development of computing devices, systems and technologies is carried out taking into account the strict requirements for operating conditions and mass-dimensional characteristics of the equipment. Next, we consider the work on the creation of computing devices and systems, in particular multi-heterogeneous multiprocessor computing platform M-17. Attention is paid to security systems, technological and emergency information recorders. In conclusion, attention is paid to the development of the methodology of computer-aided design of multilayer printed circuit boards based on the use of methods and algorithms for modeling printed circuit boards with analysis and taking into account the topological characteristics, noise immunity parameters and ensure the integrity of the transmission of logic signals of the subnanosecond range.

Keywords: digital economy, hardware and software complex, computing platform, multilayer printed circuit boards

REFERENCES

1. NIIVK, JSC. *Nil vychislitelnykh kompleksov. Traditsii. Prizvanie. Progress* [Research Institute of computer systems. Traditions. Calling. Progress]. Moscow, NIIVK Publ., 2017. (In Russian).
2. Baranov L. D., Lobanov V. N., Cheldiev M. I. Application of multiprocessor computing platform with heterogeneous architecture for solving problems of hydroacoustics and radar. *Voprosy radioelektroniki*, 2018, no. 5, pp. 7–15. (In Russian).
3. Sorokin S. A., Sverdlov S. S., Kucherov Y. S., Sobchuk V. A. Hardware-software complex for testing of over-the-horizon radar stations using the automatic passive review of the airspace. *Voprosy radioelektroniki*, 2018, no. 5, pp. 17–23. (In Russian).
4. Ivanov M. I., Sorokin S. A. Image Processing in the system of technical vision using high-performance computing platforms. *Nauchnye vedomosti BelGU*, 2017, iss. 2, pp. 153–160. (In Russian).
5. Kartsev M. A. *Vychislitelnye sistemy i sinkhronnaya arifmetika* [Computing systems and synchronous arithmetic]. Moscow, Radio i svyaz Publ., 1981, 360 p. (In Russian).
6. GOST R52863–2007. *Protection of information. Protective automatically systems. Testing for stability to intentional power electromagnetic influence. General requirements*. Moscow, Standartinform Publ., 2008, 38 p. (In Russian).
7. Sorokin S. A. *Methodology of designing printed circuit boards of high-performance computing devices for computer integrated platforms* [dissertation]. Moscow, 2018, 381 p. (In Russian).

AUTHORS

Kucherov Yuri, Ph. D., general director, M. A. Kartsev Computing System Research and Development Institute (NIIVK, JSC), 108, Profsoyuznaya, Moscow, 117437, Russian Federation, tel.: +7 (495) 330-09-29, e-mail: kucherov@niivk.ru.

Sorokin Sergey, D. Sc., general designer, M. A. Kartsev Computing System Research and Development Institute (NIIVK, JSC), 108, Profsoyuznaya, Moscow, 117437, Russian Federation, tel.: +7 (495) 330-09-29, e-mail: sorokin@niivk.ru.