

А. В. Парфенов¹, Д. А. Тумакин¹¹ АО «НИИВК им. М. А. Карцева»

СИСТЕМНЫЙ МЕТОД ОЦЕНКИ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ЭЛЕКТРОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ

В материалах статьи изложены методы оценки конкурентоспособности инновационной продукции в виде аппаратно-программного комплекса, построенного на базе многоцелевой высокоэффективной вычислительной платформы. АПК разработан в Научно-исследовательском институте вычислительных комплексов им. М. А. Карцева (АО «НИИВК им. М. А. Карцева») совместно с ЗАО «НПФ “Доломант”».

Ключевые слова: рынок компьютерных технологий, конкурентоспособность, оценка конкурентоспособности вычислительной продукции.

Рынок электронно-вычислительной продукции (ЭВП) обладает рядом особенностей, связанных с созданием дорогостоящей, высокотехнологичной и наукоемкой продукции, реализация которой сопровождается предоставлением большого и разнообразного спектра услуг.

Конкурентоспособность определяется имеющимися заделами в технологии и научно-технических разработках и системой управления, обеспечивающей эффективное использование этих заделов. Низкий уровень системы менеджмента (управления) конкурентоспособностью продукции и является недостатком существующих исследований, разработок и производства ЭВП, поэтому становится актуальной задача создания системных методов и механизмов оценки конкурентоспособности ЭВП российских компаний. Потенциал конкурентоспособности продукции товаропроизводителей сложно измерить точно, но для успешной реализации и применения ЭВП это необходимо делать как потребителям, так и производителям [1, 2]. Причем эти оценки имеют вполне конкретное и широкое применение: на их основе принимаются важные системные решения по исследованию, разработке, производству и приобретению продукции ЭВП. Также важно иметь объективные оценки конкурентоспособности на отраслевом и федеральном уровнях, чтобы способствовать их росту прямыми (федеральные и отраслевые программы) и косвенными методами регулирования (налоговые скидки, таможенное регулирование, льготные кредиты). В статье изложен подход к количественной оценке измерения потенциала конкурентоспособности. Несмотря на успехи последних лет, связанные

с внедрением программно-целевых методов управления на предприятиях радиоэлектронной промышленности (РЭП), значительное количество продукции остается неконкурентоспособной на российском и мировом рынках. Текущее состояние промышленности характеризуется технологической конкурентоспособностью только по отдельным направлениям оборонной продукции и отсутствием масштабных бизнесов в гражданских направлениях. Производство продукции ЭВП предприятий РЭП обладает рядом особенностей. Оценка конкурентоспособности продукции здесь в большей степени определяется имеющимися заделами в технологии и научно-технических разработках. Процесс реализации продукции специального назначения (в отличие от реализации широко распространенных товаров народного потребления) предполагает разные направления деятельности. Разработанные технологии при создании и производстве продукции предприятиями РЭП различного назначения также могут выступать в качестве отдельного самостоятельного продукта (товара). Объектом продаж также могут быть как материальные образцы и результаты такой технологии (модели, отдельные виды оборудования, инструменты и т.д.), так и интеллектуальные формы (технология изготовления и сборки, технологические режимы, способы защиты информации, программные решения и т.д.). Поэтому проблема оценки конкурентоспособности продукции, выпускаемой предприятиями РЭП, имеет исключительно важное и многоаспектное значение.

Для разработки модели анализа и оценки конкурентоспособности продукции введем необходимые

определения, взятые за основу из статьи [2]. Конкурентное преимущество – это наличие превосходства (предпочтения) одного объекта над другим по одному либо нескольким параметрам. Конкурентное превосходство – это наличие преимущества (предпочтения) одного объекта над другим по всем сравниваемым параметрам. Вся продукцию, выпускаемую предприятиями РЭП, целесообразно оценивать вектором (множеством) параметров. Предлагается сформировать три группы показателей, характеризующие: 1) назначение продукции; 2) качественные свойства продукции; 3) ценовые (экономические) характеристики (рис. 1).

В первую группу показателей $\{F_1\}$, характеризующих назначение продукции, целесообразно включить тактико-технические условия использования изделия; условия эксплуатации, используемое сырье и материалы; параметры электропотребления и др. Во вторую группу показателей $\{F_2\}$, оценивающих качество продукции, включаем характеристики надежности, производительности, эргономичности и др. В третью группу $\{F_3\}$ включаем экономические показатели, к которым относятся цена изделия, ценовые скидки в зависимости от количества приобретаемых единиц, эксплуатационные затраты при использовании изделия, дополнительные затраты, возникающие у других смежных потребителей при использовании данного (сравниваемого) изделия и др.

Все множество разделим на два подмножества: идентификационные и оценочные. Идентификационные показатели формируются на основе качественных показателей множества показателей назначения. Оценочное подмножество – подмножество показателей, используемых для оценки конкурентных преимуществ продукта по отношению к другим аналогам. В подмножество оценочных показателей могут входить показатели всех трех

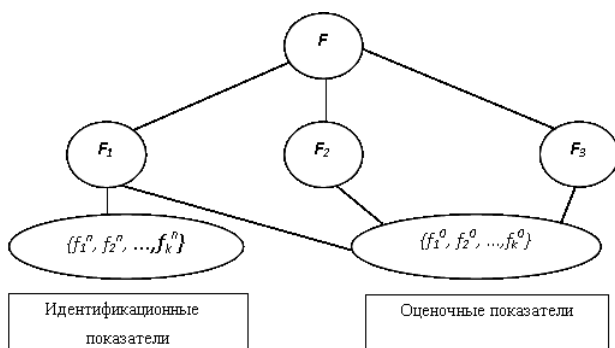


Рисунок 1. Схема формирования идентификационных и оценочных показателей: F – множество всех показателей изделия; F_1 – множество показателей назначения; F_2 – множество показателей качества; F_3 – множество экономических показателей

групп. Показатели первой группы могут использоваться при идентификации продукции и при оценке уровня ее конкурентоспособности. Идентификационные показатели, значения которых способны изменять свое количественное состояние, могут включаться в подмножество оценочных, если достигнутый ими уровень соответствует требованиям, установленным для множества аналогичных продуктов. Допускается вводить в состав оценочных показателей другие показатели, характерные для рассматриваемой продукции, в том числе появившиеся в результате научно-технического прогресса. В номенклатуру оценочных показателей (во избежание повторного учета одних и тех же свойств оцениваемой продукции) не следует включать показатели, функционально связанные с уже включенными в нее показателями.

Постановка задач оценки конкурентоспособности продукции, выпускаемой предприятием РЭП, состоит в следующем, имея множество сравниваемых изделий:

$$\{O\} = \{O_1, O_2, \dots, O_m\}. \quad (1)$$

Каждое O_i изделие характеризуется одним и тем же набором (вектором) показателей:

$$\{f\} = \{f_1, f_2, \dots, f_n\}, \quad (2)$$

$$\text{т.е.} \quad \forall O_i \in \{O\} \exists \{F\} = \{f_{i1}, f_{i2}, \dots, f_{in}\}, \quad (3)$$

где f_{ij} соответствует значению j -го показателя для i -го изделия. Далее необходимо упорядочить все изделия, принадлежащие множеству $\{O\}$ по уровню конкурентоспособности:

$$O_s \geq O_\alpha \geq \dots \geq O_l, \quad (4)$$

количественно оценить превосходство, т.е. построить функцию $C = f(O, F_1, F_2, F_3)$, зависящую от состава изделий и значений оценивающих характеристик, что означает не только упорядочение изделий в соответствии с (4), но и возможность количественной оценки превосходства (разность значений j -го показателя) для каждой пары сравниваемых изделий. На рис. 2 приведен поэтапный метод анализа и оценки конкурентоспособности высокотехнологичной продукции радиоэлектронной промышленности.

Возможны три подхода при формировании количественных оценок потенциала конкурентоспособности продукции РЭП: аналитический, статистический и экспертный.

Потенциал конкурентоспособности рассматриваемого изделия выражается в виде функции множества переменных:

$$F = F(f_1, f_2, \dots, f_n). \quad (5)$$

Часто при выборе какого-либо изделия из множества аналогов используется термин «соотношение

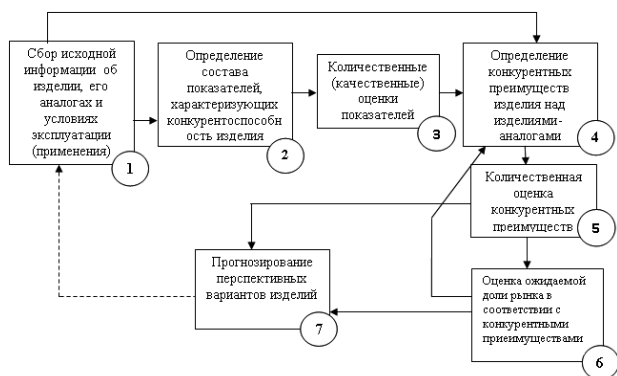


Рисунок 2. Анализ и оценка конкурентных преимуществ сравниваемых изделий

цена-качество», что допускает увеличение цены продукта при высоких показателях качества или когда продукт худшего качества продается за меньшую цену. Для количественной оценки соотношения цены и качества применим следующий метод. Напомним, что показатели подмножества F_1 используются только для оценки соответствия анализируемого объекта условиям его назначения. Показатели F_2 качества считаются обязательными при оценке совокупного качества, что можно представить в виде мультипликативно-степенной зависимости

$$Q = Q(F_2) = \prod_{g \in F_2} (f_g^2)^{h_g}, \quad (6)$$

где h_g – показатель степени для f_g^2 характеристики, все показатели качества нормированы к наихудшему уровню, т.е. $\overline{f_g^2} = \frac{f_g^2}{\min\{f_g^2\}}$, $f_g^2 \in F_2$.

Влияние цены и качества на потенциал конкурентоспособности оценивается так, чтобы качество было прямо пропорционально конкурентоспособности, а цена обратно пропорциональна конкурентоспособности, т.е.

$$Q = Q(F_2, F_3) = Q(F_2) / Q(F_3). \quad (7)$$

Нередко одной цены изделия недостаточно потребителю, чтобы измерить стоимостную оценку продукта. Как правило, требуется учитывать сопутствующие применению продукта капитальные и текущие (эксплуатационные) затраты на обслуживание приобретаемого изделия, включая затраты на ремонт, эксплуатацию, утилизацию. Вследствие чего имеем следующее выражение:

$$\overline{Q(F_3)} = Q(F_3) + Q(F_3) \cdot \alpha_3^n + \sum_{t=1}^T Q(F_3^{\ominus}) \alpha_t, \quad (8)$$

где $Q(F_3)$ – цена; α_3^n – коэффициент инвестиционных затрат на освоение продукта; F_3^{\ominus} – затраты на эксплуатацию и обслуживание в t -м году, α_t – показатель дисконтирования, T – количество

временных интервалов жизненного цикла продукта,

$$\alpha_t = \frac{1}{1 + \beta_t}, \beta_t \text{ – норма дисконта } (\beta_t = 0,05 - 0,3).$$

Заметим, что с помощью коэффициента дисконтирования и размера текущих затрат можно учитывать полную величину затрат в рамках всего жизненного цикла. Таким образом, получаем

$$Q = \frac{\prod_{g \in F_2} (\overline{f_g^2})^{h_g}}{Q(F_3) + Q(F_3) \alpha_3^n + \sum_{t=1}^T Q(F_3^{\ominus}) \alpha_t}. \quad (9)$$

В упрощенном виде формулу 9 можно представить в виде

$$Q = \frac{\prod \overline{f_g^2}}{Q(F_3)}. \quad (10)$$

Метод оценки потенциала конкурентоспособности изделия зависит от выбора производителем определенной группы потребителей в конкретном сегменте рынка. Имеются примеры, когда потребители значительно отличаются своими предпочтениями в отношении идентичной по назначению продукции. Обозначим три основные типовые группы потребителей:

1. Лидеры.
2. Середняки.
3. Аутсайдеры.

Для «Лидеров» наибольшее значение имеют показатели качества, а экономические показатели малозначительны, поскольку за уступку в цене при покупке оборудования, как правило, платят их клиенты – потребители продукции компании-«Лидера». Наглядный пример – российские компании радиоэлектронной промышленности интегрированных корпоративных структур. В отрасли действует 6 таких структур, включающих около 60% предприятий отрасли, входящих в сводный реестр организации РЭП (70% государственных ассигнований идут в интегрированные структуры). «Лидеры», предпочитая цене качество продукта, как правило, ориентируются на бренд, имидж, репутацию компании-производителя. Поэтому для «Лидеров» главным отличием является приоритет показателей качества над показателями экономическими (цен и текущих издержек). Следовательно, все показатели продукта, характеризующие его качество, одинаково важны, а их значения должны стремиться к эталонным (максимальным) значениям. Эти особенности предпочтения могут быть сформулированы в виде решающего правила (табл).

Для «Середняков» имеет значение не только качество, но и сама цена. Их предпочтения при выборе продукта определяются вследствие анализа

Таблица. Оценка потенциала конкурентоспособности для разных групп потребителей

Наименование группы	Правила	Способ свертки показателей
Лидеры	«Приоритет качества над экономическими показателями»; «Качество любой ценой»; «Все показатели продукта одинаково важны, а их значения должны стремиться к эталонным (максимальным) значениям»	Определение весовых коэффициентов функции свертки адаптивно-статистическим методом
Середняки	«Наилучшее соотношение цены и качества»; «Скупой платит дважды»	Отношение произведения показателей качества к затратам на использование продукта в рамках жизненного цикла
Аутсайдеры	«Взять дешевое, несмотря на качество»	Отношение произведения показателей качества к цене. Аддитивные функции свертки с использованием экспертных оценок приоритета цены над качеством

по принципу поиска оптимального соотношения «цены и качества». Вместе с тем предпочтения «Середняков» более точно отражает выражение «Скупой платит дважды». В ней готовность пойти навстречу продавцу в цене должна обязательно сопровождаться повышением качества, поскольку дешевые продукты отличаются низким качеством и (или) малым сроком жизненного цикла и повышенными эксплуатационными затратами.

«Аутсайдеры». Они в наибольшей степени ориентируются на ценовые показатели при соблюдении требований, характеризующих назначение объекта. Их принцип: «Взять дешевое, несмотря на качество».

В таблице представлены решающие правила каждой из перечисленных групп и соответствующие им показатели, характеризующие конкурентоспособность объектов.

Наиболее важным критерием в условиях рыночной экономики будет являться научно-технический уровень научно-производственной компании (НПК), включающий научно-исследовательский и проектный потенциал, технологическое состояние и культуру производства, систему управления качеством. В целом деятельность предприятия, стремящегося обеспечить конкурентоспособность своей продукции, следует разделить на ряд уровней согласно общепринятой схеме управления предприятием с учетом системы управления жизненным циклом изделия, технологий, жизненного цикла изделий ЭВТ. Далее приведены стадии, виды работ, этапы и процессы жизненного цикла изделий ЭВТ:

1. Исследование и обоснование разработки

1.1. Проработка идеи и концепции создания изделия:

- формирование исходных требований к выполнению маркетинговых, патентных, научных исследований, аванпроекта, ОКР;

- анализ экономической эффективности, определение потребителей;
- выбор исполнителей работ;
- разработка ТЗ на выполнение НИР, аванпроекта, ОКР.

1.2. Проведение научно-исследовательской работы:

- выбор направления исследований;
- патентные исследования;
- теоретические и экспериментальные исследования;
- оценка исследований.

1.3. Выполнение аванпроекта:

- теоретические, экспериментальные и маркетинговые исследования по обоснованию возможности и целесообразности разработки.

2. Разработка

2.1. Проведение опытно-конструкторской работы по созданию (модернизации) изделия:

- разработка эскизного и технического проекта;
- разработка рабочей конструкторской, технологической и программной документации;
- изготовление опытных образцов;
- проведение испытаний;
- оформление материалов на результаты научно-технической деятельности, интеллектуальной собственности, патентование.

3. Производство

3.1. Постановка на производство:

- подготовка производства (технологическая подготовка, отработка конструкции, разработка типовых технологических процессов, обеспечение контроля качества, аттестация испытательного оборудования и средств измерения и т.д.);

- освоение производства (изготовление изделий, проведение квалификационных испытаний, проведение мероприятий по повышению качества продукции, утверждение КД с присвоением литеры «А»).

4. Эксплуатация изделий

4.1. Ввод в эксплуатацию:

- проверка технического состояния, количества, качества, комплектности;
- сборка, монтаж, наладка и проведение испытаний изделий (сборку, наладку и испытания которых проводят на месте эксплуатации).

4.2. Техническая, штатная эксплуатация:

- использование по назначению;
- хранение и консервация;
- транспортирование;
- техническое обслуживание;
- текущий и средний ремонт (или передача на капитальный ремонт).

4.3. Прекращение эксплуатации:

- снятие изделий с эксплуатации;
- списание.

5. Утилизация

- избавление от отходов путем их утилизации и/или удаления.

Изложенный метод применен при создании аппаратно-программного комплекса (АПК) на базе многоцелевой высокопроизводительной вычислительной платформы (МВВП) в совместной разработке АО «НИИВК им. М. А. Карцева» и ЗАО «НПФ «Доломант»».

АПК предназначен в первую очередь для применения в системах, где происходит обработка больших потоков информации в реальном масштабе времени от множества источников данных, на основании анализа которых принимаются системные решения. Другими объектами применения АПК могут быть системы управления промышленными комплексами и отраслями промышленности, транспорта, энергетики, комплексами аэрокосмической и автомобильной промышленности. АПК могут быть применены для решения задач поиска месторождений полезных ископаемых, нефтегазовой промышленности, телекоммуникации, образования, научных и оборонных программ.

Кроме того, указанная платформа предназначена для решения практических задач высокопроизводительных вычислений в жестких условиях эксплуатации – при критических массогабаритных ограничениях аппаратной части – для решения High

Performance Computing (HPC)-задач встраиваемого класса.

Большинство задач встраиваемого класса, для которых необходимо применение HPC-решений, на мировом рынке отнесены к отдельному сегменту – HPEC (High Performance Embedded Computing). Сегодня HPEC – это особый рынок, объединяющий сразу несколько сегментов в один уникальный сегмент со своими потребителями, игроками, прикладными задачами и, конечно, со своими подходами к созданию HPEC-решений.

Укрупненно можно выделить следующие основные подходы к созданию HPEC-решений с учетом возможности повышения конкурентоспособности на рынке вычислительной техники:

- открытая архитектура;
- массогабаритные ограничения и энергоэффективность;
- возможность применения в жестких условиях эксплуатации;
- возможности по созданию многопроцессорных конфигураций;
- низкие задержки и высокоинтенсивный интерконнект между вычислителями;
- богатые ресурсы ввода-вывода данных, как в цифровом, так и в аналоговом виде;
- высокая вычислительная плотность – максимальная производительность на кубический сантиметр;
- гетерогенность вычислительной среды.

Реализация каждого из перечисленных подходов повышает показатели конкурентоспособности вычислительной продукции.

Пожалуй, ключевой характеристикой современных суперкомпьютеров является пиковая производительность, выражаемая во FLOPS (Floating-point Operations Per Second), то есть в пиковом значении количества операций с плавающей запятой над вещественными числами разрядностью 64 бита в формате IEEE754, совершенных вычислительной системой за секунду. Как известно, для вычисления данного значения применяется набор тестов на базе программной библиотеки LINPACK, при этом не учитываются другие характеристики вычислительной системы: возможность работы с большим объемом разнородных данных, масса, габариты или энергоэффективность вычислительной системы.

Рейтинг суперкомпьютеров TOP500 как раз и строится на базе показателей пиковой производительности. Для встраиваемых систем специального назначения высокая производительность, безусловно, является важной характеристикой, но при этом необходимо уместить максимальную

вычислительную производительность в минимальный габаритный объем, например, для бортового применения. Поэтому, учитывая назначение, для описания производительности HPEC-решений применяются удельные характеристики, как более информативные и корректные. Такой характеристикой служит значение вычислительной плотности, выраженной во FLOPS на кубический сантиметр объема аппаратуры – FLOPS Per Cubic cm.

Для МВВП представляется возможным использовать широкую номенклатуру вычислительных модулей на базе современных высокопроизводительных компонентов, что позволяет получить высокие показатели производительности вычислительных систем, построенных на их базе.

Решение современных вычислительных задач систем специального назначения связано с обработкой высокоинтенсивных потоков разнородных данных – это сигнальная информация, шифрованный трафик, данные от многочисленных датчиков, потоковое видео и т.д. При этом для максимально эффективной обработки структурно-разнородной информации целесообразно использовать вычислители-обработчики различных архитектур, наиболее подходящих для каждого типа данных. В МВВП предусмотрена такая возможность.

Сегодня для организации вычислительных процессов для МВВП разработаны вычислительные модули на базе наиболее востребованных архитектур.

В качестве модуля ЦП представлен процессорный модуль СРС512 на базе Intel Core i7, для решения специальных задач – модули FPGA: FPU500 на базе Virtex 6, 7 и FPU501 на базе Kintex Ultrascale, для решения графических или других вычислительных задач возможно использование линейки модулей VIM556 на базе графических карт NVIDIA или AMD. Кроме того, в разработке находятся вычислительные модули на базе отечественной архитектуры «Эльбрус» с использованием процессора

«Эльбрус-4С», а также на базе процессоров «Байкал», которые также можно будет применять совместно с модулями других типов в рамках гетерогенных конфигураций МВВП.

В концепции МВВП под гетерогенностью понимается не просто возможность построения конфигурации изделий с одновременным использованием модулей на базе различных архитектур, но и возможность ведения эффективной разработки прикладного программного обеспечения, не осложненной множеством особенностей и нюансов программирования гетерогенных конфигураций.

Для этого необходимо решение следующих задач:

- абстрагировать разработчиков прикладных систем от особенностей низкоуровневого взаимодействия модулей на базе различных архитектур;
- предоставить максимально стандартные интерфейсы для организации взаимодействия между вычислителями;
- предоставить возможность по организации прямого межмодульного взаимодействия без участия центрального процессора или других вычислительных модулей.

Для решения этих задач для каждого из типов межмодульных взаимодействий были разработаны программные средства, являющиеся важными программными компонентами МВВП.

Используемая платформа МВВП – это современное HPEC-решение отечественного производства, построенное с учетом всех перечисленных подходов и реализующее целостную концепцию многоцелевой высокопроизводительной вычислительной платформы с гетерогенной вычислительной средой для решения задач высокопроизводительных вычислений в жестких условиях эксплуатации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Борисов В.И. Система методов и критериев обоснования конкурентоспособности. М.: Международная Академия Информационных процессов и технологий, 2006.
2. Комков Н.И., Лазарев А.В. Многоуровневая структура и подходы к оценке экономической категории «конкурентоспособность» // Проблемы прогнозирования. 2007. № 4.
3. Галаган П. Платформа «ГРИФОН» для решения задач встраиваемых систем специального назначения // Современные технологии автоматизации. 2015. № 4 (77). С. 16–23.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Парфенов Андрей Валериевич, к.т.н., исполнительный директор АО «НИИВК им. М. А. Карцева», 117437, г. Москва, ул. Профсоюзная, д. 108, тел.: 8 (495) 335-83-72, e-mail: parfyonov@ro.ru.

Тумакин Денис Александрович, начальник НТЦ, АО «НИИВК им. М. А. Карцева», 117437, г. Москва, ул. Профсоюзная, д. 108, тел.: 8 (495) 330-87-88.

SYSTEM METHOD FOR ASSESSMENT OF COMPETITIVENESS OF COMPUTER PRODUCTS

The materials of the article outline the methods of evaluating competitiveness of innovative hardware and software products, developed on the basis of multi-purpose high-performance computer platform. Hardware and software products have been developed by the Scientific Research Institute of computer system named after M.A. Kartsev (JSC «NIIVK named after M. A. Kartsev») together with CJSC «SPC “Dolomant”».

Keywords: market of computer technology, competitiveness, computer products competitiveness assessment.

REFERENCES

1. Borisov V.I. *Sistema metodov i kriteriev obosnovaniya konkurentosposobnosti* [The system of methods and criteria for competitiveness studies]. M.: Mezhdunarodnaya Akademiya Informatsionnykh protsessov i tekhnologiy, 2006.
2. Komkov N.I., Lazarev A.V. *Mnogourovnevaya struktura i podkhody k otsenke ekonomicheskoy kategorii «konkurentosposobnost'»* [The multilevel structure and approach to the assessment of economic 'competitiveness' category]. *Problemy prognozirovaniya*, 2007, no. 4.
3. Galagan P. *Platforma «GRIFON» dlya resheniya zadach vstraivaemykh sistem spetsial'nogo naznacheniya* [Platform «Griffin» to meet the challenges of embedded systems of special purposes]. *Sovremennye tekhnologii avtomatizatsii*, 2015, no. 4 (77), pp. 16–23.

AUTHORS

Parfenov Andrey, PhD, Executive Director, NIIVK, 108, Profsoyuznaya st., Moscow, tel. +7 (495) 335-83-72, e-mail: parfyonov@ro.ru.

Tumakin Denis, Head of the Scientific and Thematic Center, 108, Profsoyuznaya st., Moscow, Russia, 117437, tel.: +7 (495) 330-87-88.