

*В. Н. Дианов, Т. А. Гевондян, С. Г. Дусеев*

## ДИАГНОСТИКА СКРЫТЫХ ДЕФЕКТОВ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

**Аннотация.** *Актуальность и цели.* Одним из перспективных направлений в области фундаментальных исследований признано создание интеллектуальных биомехатронных технологий различного назначения. Развитие робототехники вызвало появление различного рода тактильных датчиков, предназначенных для геометрического распознавания предметов окружающего пространства. В связи с возрастающими требованиями по надежности и качеству актуальной становится задача обнаружения скрытых дефектов, проявляемых, в частности, через различные сбои в аппаратуре, включая датчики. Поэтому целью исследования является предложение различных методов активной диагностики, а также информативных параметров, позволяющих обнаруживать и регистрировать сбои. *Материалы и методы.* Принципиальная особенность предложенной концепции резкого повышения надежности аппаратуры за счет исключения воздействия на нее сбоев состоит в том, что, в отличие от всех ранее используемых подходов к решению данной проблемы, обнаруживаются и регистрируются не места сбоев, а источники сбоев. В зависимости от принципов формирования и получения информативных признаков, по совокупности которых оценивается сбойное состояние элементов аппаратуры как источников сбоев, предложены различные методы обнаружения и регистрации источников сбоев, имеющие значительный отечественный приоритет. К таким методам относятся: дифференциальный, интегральный, а также метод повышенного электромагнитного излучения при сбоях. *Результаты.* В качестве источников сбоев обнаруживаются: соединители (разъемы), контактирующие устройства БИС и СБИС, интерфейсные шины, шины управления, электропитания и заземления, а также внутренние и внешние электромагнитные помехи. Эффект достигается за счет включения в роботизированный комплекс контактных и бесконтактных датчиков сбоя, а также добавлением алгоритмов обработки электрических сигналов с указанных датчиков. *Выводы.* Рассмотренные и предложенные в работе методы и средства обнаружения и регистрации сбоев в аппаратуре позволяют ставить на повестку дня вопросы разработки, создания и эксплуатации бессбойной аппаратуры с модернизацией существующих ГОСТов по надежности.

**Ключевые слова:** скрытые дефекты, сбои, тактильные датчики, надежность, роботы, активные элементы.

*V. N. Dianov, T. A. Gevondyan, S. G. Duseev*

## DIAGNOSING OF THE HIDDEN DEFECTS IN ROBOTIC SYSTEMS

**Abstract.** *Background.* One of the promising directions in the field of fundamental research is the creation of intelligent biomechatronic technologies for various purposes. Development of robotics has given rise to various kinds of tactile sensors designed for recognition of the geometric objects in the ambient space. Due to increasing demands for reliability- and- quality standards, the task of detecting hidden defects, manifested, in particular, through various failures in the equipment, including sensors is becoming topical. Therefore the aim of this study is to offer different

methods of the active diagnostics, as well as informative parameters, which allow to detect and record failures. *Materials and methods.* The principal feature of the proposed concept of a sharp increase in the reliability of the equipment by eliminating the impact of failures is that, in contrast to all previously used approaches, sources of failures not places of failures are detected and registered. Depending on the principles of formation and getting of informative signs, which estimate the failed state of the elements as sources of equipment failures, various methods of detection and registration of sources of failures with significant domestic priority are proposed. These methods include: differential, integral, and the method of high electromagnetic radiation in case of failures. *Results.* Connectors, contact LSI and VLSI devices, interface tires, management, power and ground, as well as internal and external electro-magnetic interference are detected as sources of the failures. The effect is achieved by the inclusion of the contact and contactless sensor failure in the robotic complex, as well as the addition of algorithms for processing of the electrical signals from these sensors. *Conclusions.* Proposed and discussed methods and means of detecting and recording hardware failure allow to put on the agenda the questions of development, establishment and operation of the equipment-fail with the modernization of the existing State Standards specification of reliability.

**Key words:** hidden defects, malfunctions, tactile sensors, reliability, robots, active elements.

Развитие элементной базы, усложнение программного обеспечения решаемых задач и ужесточение условий эксплуатации современной аппаратуры требует совершенствования существующих и поиска новых подходов в повышении ее качества, одним из показателей которого является отсутствие скрытых дефектов. Особенно много проблемных вопросов возникает при создании высококачественной аппаратуры для объектов ракетной, космической и авиационной техники, в частности, при обеспечении высоких требований безотказности и долговечности в условиях воздействия широкого интервала (до сотен градусов) температур и высоких уровней нагрузок. На надежность аппаратуры влияют скрытые дефекты, которые проявляются через разнообразные сбои и неисправности<sup>1</sup>.

В последнее время понятие «сбой», как и ранее понятие «отказ», все шире отражается в отечественных ГОСТах. Это относится прежде всего к военной, а также к общепромышленной и специализированной аппаратуре<sup>2</sup>. В частности, одной из важнейших характеристик автономной системы навигации международной космической станции является ее устойчивость к сбоям, причем приоритетность задач обеспечения высокой надежности по параметру сбоев выше приоритетности задач управления объектами, классически стоявших на первом месте.

При разработке аппаратуры, имеющей до нескольких десятков тысяч потенциальных источников сбоев (многоконтактных соединителей, контактирующих устройств больших и сверхбольших интегральных схем, печатных

---

<sup>1</sup> ГОСТ Р 27.002–89. «Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения». ГОСТ Р 27.002–2009. «Надежность в технике. Термины и определения».

<sup>2</sup> ГОСТ РВ 20.57.415. Методы оценки частоты одиночных сбоев ИС. ГОСТ РВ 20.39.302–98. «Комплексная система общих технических требований». ГОСТ РВ 20.57.305–98. «Комплексная система контроля качества». ГОСТ Р УСО/МЭК 15408-2–2008. Криптография. ГОСТ Р 50.922–96. «Защита информации. Основные термины».

проводников, линий связи – интерфейсных шин, шин электропитания и заземления и т.д.), ключевой проблемой кардинального повышения надежности является диагностика сбоев, непосредственно связанная с обнаружением и регистрацией их источников. Однако многочисленные методы контроля направлены на устранение не самой причины сбоев, а ее следствий, тем самым оставляется потенциальная возможность существования в аппаратуре скрытых дефектов и последующих сбойных состояний. В связи с этим представляется стратегически важным решение задач создания бессбойной аппаратуры.

Одним из перспективных направлений в области фундаментальных исследований признано создание интеллектуальных биомехатронных технологий различного назначения, в том числе с использованием автоматизированных систем<sup>1</sup>. Развитие робототехники вызвало появление различного рода тактильных датчиков, предназначенных для геометрического распознавания предметов окружающего пространства.

Основная тенденция в области создания тактильных датчиков – это воспроизведение осязательных свойств человеческой кожи, в наибольшей степени ей удовлетворяют тактильные устройства матричного типа, так как каждая ячейка матрицы, представляющая собой микроэлектронный датчик силы (или деформации, момента), дает конкретную информацию, а все ячейки вместе формируют целостное представление о форме предмета. Конструкторские и технологические разработки тактильных датчиков находятся на начальном этапе, до конца не выработаны технические требования и не определен перечень их характеристик [1].

Современный тактильный датчик для робота должен обладать следующими свойствами: высокой чувствительностью, способностью воспринимать давление (силу) и преобразовывать его в электрические сигналы, позволяющие определять форму и материал предмета, т.е. распознавать образы; высоким пространственным разрешением, соответствующим восприимчивости пальцев человека (пространственное разрешение человеческой кожи 2 мм), достаточным для сварочных или сборочных роботов в машиностроении, а также для роботов, применяемых в микрохирургии и микроэлектронике; хорошими линейными характеристиками (допустимы лишь отклонения, компенсируемые при обработке сигнала на ЭВМ); незначительным гистерезисом; устойчивостью к перегрузкам и тяжелым условиям работы; небольшим размером и массой; невысокой стоимостью. Эта совокупность качеств тактильных датчиков может быть обеспечена использованием микроэлектронной твердотельной технологии, обладающей широкими возможностями миниатюризации и формирования средств обработки сигнала на одном чипе с чувствительным элементом (ЧЭ).

Тактильные датчики на интегральных схемах с применением кремния, кварца и поликристаллической керамики могут обеспечить измерения в диапазоне 0,01–40 Н. Наиболее распространены кремниевые датчики благодаря высокой плотности расположения ячеек в матрице ЧЭ, надежности, низкому гистерезису, небольшой стоимости.

ЧЭ пьезорезистивных тактильных датчиков могут воспринимать давления порядка 1–10<sup>7</sup> Па. Они просты в изготовлении и относительно недороги.

---

<sup>1</sup> Сайт РФФИ: <http://grant.rffi.ru>

Применяется также электропроводный эластомер, анизотропная электропроводность которого дает возможность варьировать токопроводящие пути и места расположения контактов между электродами. Недостатками таких ЧЭ являются восприимчивость к электрическим помехам, нелинейность, значительный гистерезис, низкая чувствительность при существенной погрешности, малое быстродействие, довольно низкий порог усталости. Применение волокон углерода и силиконовых эластомеров способствует миниатюризации пьезорезистивных датчиков, делает технологию их изготовления сравнимой с технологией изготовления интегральных схем. Эти датчики рассчитаны на широкий диапазон измерения и допускают значительные перегрузки. Применение фасонных мембран с рельефом сложной конфигурации и точным геометрическим профилем позволило значительно улучшить точность тактильных датчиков.

В последнее время получили развитие тактильные датчики, изменяющие оптические свойства материала под действием приложенной силы, обладающие высокой чувствительностью, стойкостью к электромагнитным полям, хорошим отношением сигнал/шум, отсутствием гистерезиса, нейтральностью к воздействиям окружающей среды и возможностью разнообразить конструктивные решения. Однако технология изготовления датчиков такого типа достаточно сложна. Их недостатком являются значительные размеры, особенно при большом числе ячеек в матрице. Частота сканирования матрицы ограничивается только возможностями внешнего десятиразрядного аналого-цифрового преобразователя. Применение источника света и приемника на интегральных схемах увеличит плотность расположения ячеек и пространственное разрешение. Более быстрый аналого-цифровой преобразователь позволит увеличить частоту сканирования до 100 кГц.

Предполагается применение в тактильных датчиках интегральных оптических схем, один слой которых будет содержать светодиоды, а другой – фоторезисторы. Это позволит уменьшить размеры датчиков и упростить технологию их изготовления.

Наибольшей простотой конструкции отличаются емкостные тактильные датчики в виде сэндвича из тонких пластинок меди, располагаемых слоями перпендикулярно друг другу и разделенных диэлектриком; они обладают высокой чувствительностью, пространственным разрешением и быстродействием, невосприимчивостью к помехам и возможностью установки на пальцах работа любой конструкции. Матрица, содержащая 4×4 элемента, измеряет давление до  $10^5$  Па. Частота сканирования 100 кГц, входное сопротивление 1–5 МОм.

Матрица одного из самых миниатюрных емкостных датчиков (фирма Artificial Intelligence MJT) содержит 8×8 ячеек площадью 12,7×12,7 мм. Они расположены взаимно перпендикулярно на расстоянии 2,5 мм и разделены диэлектриком из силиконовой резины. Датчик крепится на небольшой печатной плате, измеряет давление до 10 кПа. Такие датчики будут монтироваться на четырех пальцах руки робота с четырьмя степенями свободы, рука в целом управляется пятью микропроцессорами. В комбинации с другими датчиками обеспечивается возможность определения смещения пальцев относительно друг друга.

Причинами сбоев в тактильных датчиках (в частном случае) и в пассивных элементах (в общем случае) современных робототехнических комплексов могут быть как различные внешние воздействия (вибрации, силовые электрические поля, температурные и химические воздействия), так и многочисленные скрытые дефекты аппаратуры, ускоренно приводящие к ее деградации. С точки зрения проблем электромагнитной совместимости аппаратуры важно отметить, что сбой представляет собой кратковременное невыполнение требований по электромагнитной изоляции от внешних источников (помех), которые ведут к сбоям. В то же время внутреннее состояние аппаратуры может само быть источником электромагнитных помех. Другими словами, между электромагнитными помехами и сбоями существует взаимная связь.

Проведенные исследования функциональных сбоев в пассивных элементах аппаратуры (контактные датчики – клавиатура, интерфейсный кабель, монитор и др.) показали зависимость эффектов сбоя от спектральной напряженности поля в частотном диапазоне 0,5–2 ГГц [2].

Принципиальная особенность новой концепции резкого повышения надежности аппаратуры за счет исключения воздействия на нее сбоев состоит в том, что, в отличие от всех ранее используемых подходов к решению данной проблемы, обнаруживаются и регистрируются не места сбоев, а источники сбоев. В зависимости от принципов формирования и получения информативных признаков, по совокупности которых оценивается сбойное состояние элементов аппаратуры как источников сбоев, предложены различные методы обнаружения и регистрации источников сбоев (рис. 1), имеющие значительный отечественный приоритет [3].

Появление новых свойств пассивных элементов аппаратуры в промежуточном состоянии между «исправно» и «неисправно», в частности таких, как дифференцирование, интегрирование сигналов, позволяет решить вопрос о продолжительности сбоев, возникающих за счет скрытых дефектов.

Рассмотрим пример использования гибридных методов в системе управления антропоморфным роботом [4]. Для этого в аппаратуру вводятся контактные и бесконтактные датчики сбоев по информативным признакам «дифференцирование», «интегрирование» сигналов, а также «электромагнитное излучение», реализующие гибридные методы для диагностики скрытых дефектов. При этом в качестве источников сбоев обнаруживаются соединители (разъемы), интерфейсные шины, шины управления, а также внутренние и внешние электромагнитные помехи. Технический эффект заключается в возможности проектирования, разработки, создания и эксплуатации бессбойной аппаратуры (по аналогии с безотказной аппаратурой).

Одна из проблем современных робототехнических систем заключается в их ограниченных функциональных возможностях, проявляющихся, в частности, в решении узкого класса задач – захват элемента определенной формы и веса или предполагающих непосредственное участие человека. В свою очередь расширение функциональных возможностей робота за счет обеспечения точного позиционирования тела робота и его манипуляторов относительно объекта, имеющего любую форму и вес, и улучшения обеспечения захвата и удержания объекта требуют расширения числа и функционального состава датчиков, включая тактильные, и исполнительных элементов, а также повышения надежности их работы.



Рис. 1. Классификация методов обнаружения и регистрации источников сбоев

Предлагается повысить надежность и качество эксплуатации, которые обеспечиваются обнаружением и регистрацией в работе аппаратуры скрытых дефектов, проявляющихся через сбои в работе, а также обнаружением и регистрацией внутренних и внешних электромагнитных помех за счет того, что в процессе эксплуатации обнаруживаются и регистрируются распределенные и локальные источники сбоев в аппаратуре: сигнальные (информационные) шины, шины заземления и электропитания, клеммные колодки (соединители или разъемы), а также датчики и исполнительные механизмы. Эффект достигается включением в аппаратуру контактных и бесконтактных датчиков сбоев, а также добавлением алгоритмов обработки электрических сигналов с них.

При этом в качестве информативных параметров используются изменения амплитудно-частотных характеристик, повышенное электромагнитное излучение, появление эффекта дифференцирования и интегрирования сигналов.

Задача решается тем, что в систему управления антропоморфным роботом дополнительно введены контактные и бесконтактные датчики сбоев, установленные соответственно на линиях связи и интерфейсных шинах или в непосредственной близости (до 2 см) от линии связи или интерфейсной шины для обнаружения внутренних и внешних электромагнитных помех от источников сбоев в виде соединителей/разъемов, интерфейсных шин, шин управления, заземления и электропитания, при этом система выполнена с возможностью алгоритмической обработки сигналов с упомянутых датчиков сбоев.

Решение задачи определения сбойных состояний и источников сбоев в виде линий связи и соединителей по изменению амплитудно-частотной характеристики, повышенного электромагнитного излучения, дифференцируемости электрических сигналов основано на представлении скрытых дефектов упомянутых фрагментов аппаратуры в форме микрозазоров, микронеровностей, микротрещин, частичных микроразрывов и образовании вследствие этого микрорезонансных контуров и микроемкостей.

Решение задачи по информативному параметру интегрируемости электрических сигналов основано на представлении скрытых дефектов устройства в виде повышенного (в десятки и сотни раз) омического сопротивления, составляющего с последующей включенной микроемкостью (например, сотые доли пикофарад) интегрирующее звено.

На рис. 2 представлена система управления антропоморфным роботом (фрагмент) повышенной надежности. Система содержит систему технического зрения 1, компьютер 2, микроконтроллер 3, приводы робота 4, наружные чувствительные элементы 5 и внутренние чувствительные элементы 6 тактильных датчиков (на рисунке не показаны), а также контактные датчики сбоев (КДС) 7–16, бесконтактные датчики сбоев (БДС) 17–21. В случае двунаправленного действия электрических сигналов КДС установлены в начале (конце) линии связи и наоборот. При однонаправленном действии сигналов КДС устанавливаются в начале (по действию сигнала) линии связи – КДС 7, 11, 15 и в конце – КДС 8, 12, 16. В общем случае данное количество датчиков может быть и большим, что зависит от конкретной линии связи и размера ее дискретизации, где необходима фиксация сбоя.

На схеме рис. 2 также показаны бесконтактные датчики сбоев 17–21, установленные в непосредственной близости от диагностируемых элементов или узлов. Количество БДС выбирается, исходя из их чувствительности, протяженности линии связи, и в общем случае может быть большим. На рисунке для простоты выбраны только отдельно взятые связи узлов 4, 5 и 6 с блоком 3. В общем случае датчики могут устанавливаться на каждую линию связи указанных узлов и блока. Как КДС, так и БДС могут иметь как автономную, так и централизованную индикацию с использованием блоков 2 и 3.

Предварительно оператором (человеком) производится обучение нейронных сетей (на рис. 2 не показаны) на «касание» и «охват» различных объектов с использованием системы технического зрения 1. Управление роботом осуществляется с компьютера 2 через микроконтроллер 3 посредством подачи сигналов на включение приводов 4. При этом качество охвата объекта осуществляет микроконтроллер 3 через наружные 5 (рис. 2) и внутренние 6 (рис. 2) чувствительные элементы тактильных датчиков.

Параллельно с работой узлов и блоков 1–6 в режиме онлайн работают и датчики КДС 7–16 и БДС 17–21, установленные на линиях связи между узлами и блоками 1–6 и осуществляющие контроль данных линий связи на наличие в них скрытых дефектов, проявляемых в виде сбоев или присутствие внутренних или внешних электромагнитных помех.

Датчики сбоев устанавливаются, например, с помощью клипс. Одновременное срабатывание БДС на различных линиях связи и несрабатывание КДС свидетельствует об источнике сбоев в виде внешней электромагнитной помехи. Одновременное срабатывание КДС и БДС говорит о внутренней электромагнитной помехе. Основное отличие при включении КДС и БДС в аппаратуру заключается в величине фиксируемого сигнала в зависимости от расстояния до источника сбоев.

Перспективным направлением дальнейших исследований в области теории и практики сбоев, на наш взгляд, следует признать изучение скрытых дефектов в активных элементах, в частности, образуемых за счет дефектно-примесной структуры [5].

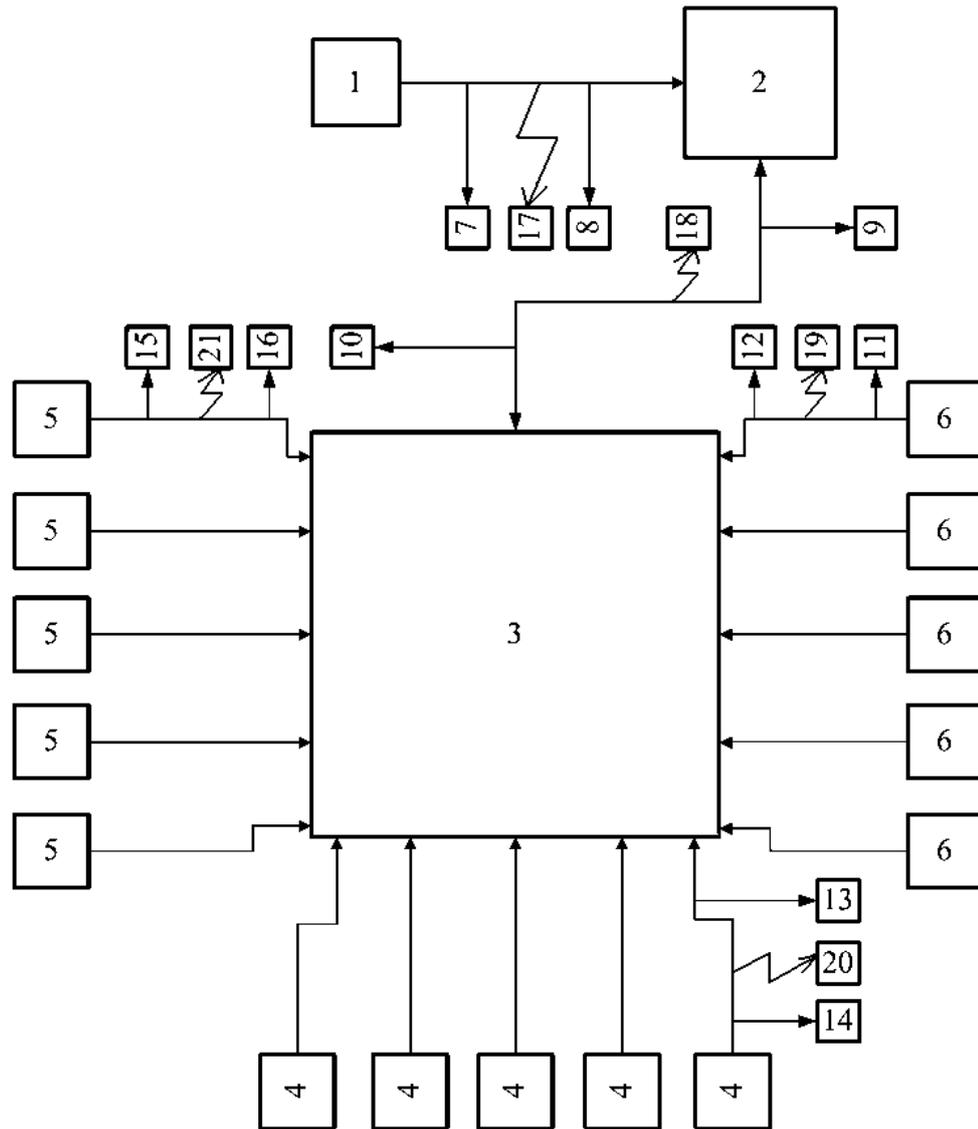


Рис. 2. Система управления антропометрическим роботом

Рассмотренные методы обнаружения и регистрации источников сбоев решают задачу в режиме онлайн. Однако в ряде случаев (например, обнаружение скрытых дефектов в виде короткозамкнутых витков в исполнительных элементах – электрических двигателях) целесообразнее воспользоваться режимом офлайн. Реализуемый метод основан на повышении информативности и безопасности мехатронных систем при воздействии на них кодоимпульсных сигналов и подробно описан в литературе [6, 7].

*Авторы выражают благодарность академикам РАН В. К. Левину и Ю. Г. Евтушенко и члену-корреспонденту РАН П. П. Пархоменко за помощь и поддержку в развитии данного направления исследований.*

*Особую благодарность авторы выражают заведующему отделом ВЦ РАН им. А. А. Дородницына, заслуженному деятелю науки и техники РФ,*

лауреату Государственной премии СССР и премии Правительства РФ, д.т.н., профессору, вице-адмиралу в отставке Н. А. Северцеву за полезные советы при обсуждении ряда вопросов данной статьи.

#### Список литературы

1. **Таланчук, П. М.** Сенсоры в контрольно-измерительной технике / П. М. Таланчук, С. П. Голубков, В. П. Маслов и др. – Киев : Техника, 1991. – 173 с.
2. **Гадецкий, Н. П.** Функциональные сбои персонального компьютера при воздействии электромагнитных импульсов сверхкороткой длительности / Н. П. Гадецкий, К. А. Кравцов, И. И. Магда. – URL: [www.studzona.com](http://www.studzona.com)
3. **Дианов, В. Н.** Концептуальные особенности построения бессбойной аппаратуры / В. Н. Дианов // Автоматика и телемеханика. – 2012. – № 7. – С. 119–138.
4. Патент РФ на полезную модель № 124623. Система управления антропоморфным роботом / Дианов В. Н., Люминарская Е. С., Белоусов И. М., Дусеев С. Г., Холина М. Н. – Оpubл. 2013, Бюл. № 4.
5. **Гевондян, Т. А.** Электронный парамагнитный резонанс сильномагнитных включений из кремния / Т. А. Гевондян // Надежность и качество : тр. Междунар. симпоз. – Пенза, 2010. – Т. 2. – С. 80–82.
6. **Евтушенко, Ю. Г.** Роль и место сбоев в информационной безопасности современных сложных систем / Ю. Г. Евтушенко, В. Н. Дианов, Н. А. Северцев // Фундаментальные проблемы системной безопасности. – Вып. 3. – М. : Вузовская книга, 2011. – С. 9.
7. **Дианов, В. Н.** Повышение информативности мехатронных систем при воздействии кодоимпульсных сигналов / В. Н. Дианов, Т. А. Гевондян, И. М. Белоусов, Е. С. Люминарская // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2013. – № 1. – С. 54–60.

#### References

1. Talanchuk P. M., Golubkov S. P., Maslov V. P. et al. *Sensory v kontrol'noizmeritel'noy tekhnike* [Sensors in inspection technologies]. Kiev: Tekhnika, 1991, 173 p.
2. Gadetskiy N. P., Kravtsov K. A., Magda I. I. *Funktsional'nye sboi personal'nogo komp'yutera pri vozdeystvii elektromagnitnykh impul'sov sverkhkorotkoy dlitel'nosti* [PC functional failure caused by electromagnetic pulse of ultrashort duration]. Available at: [www.studzona.com](http://www.studzona.com)
3. Dianov V. N. *Avtomatika i telemekhanika* [Automation and telemechanics]. 2012, no. 7, pp. 119–138.
4. Patent RF 124623. *Sistema upravleniya antropomorfnyim robotom* [Humanoid robot control system]. Dianov V. N., Lyuminarskaya E. S., Belousov I. M., Duseev S. G., Kholina M. N. 2013, no. 4.
5. Gevondyan T. A. *Nadezhnost' i kachestvo: tr. Mezhdunar. simpoz.* [Reliability and quality: proceedings of International symposium]. Penza, 2010, vol. 2, pp. 80–82.
6. Evtushenko Yu. G., Dianov V. N., Severtsev N. A. *Fundamental'nye problemy sistemnoy bezopasnosti. Vyp. 3* [Fundamental problems of system safety. Vol. 3]. Moscow: Vuzovskaya kniga, 2011, p. 9.
7. Dianov V. N., Gevondyan T. A., Belousov I. M., Lyuminarskaya E. S. *Mekhatronika, avtomatizatsiya, upravlenie* [Mechatronics, automation, control]. 2013, no. 1, pp. 54–60.

***Дианов Вячеслав Николаевич***

доктор технических наук, профессор,  
кафедра автоматизации, информатики  
и систем управления, Московский  
государственный индустриальный  
университет (Россия, г. Москва,  
ул. Автозаводская, 16)

E-mail: dian-v@msiu.ru

***Dianov Vyacheslav Nikolaevich***

Doctor of engineering sciences, professor,  
sub-department of automation, informatics  
and control systems, Moscow State  
Industrial University (16 Avtozavodskaya  
street, Moscow, Russia)

***Гевондян Тамара Акоповна***

кандидат физико-математических наук,  
докторант, Московский государственный  
индустриальный университет (Россия,  
г. Москва, ул. Автозаводская, 16)

E-mail: dian-v@msiu.ru

***Gevondyan Tamara Akopovna***

Candidate of physical and mathematical  
sciences, doctoral student, Moscow State  
Industrial University (16 Avtozavodskaya  
street, Moscow, Russia)

***Дусеев Сергей Геннадьевич***

аспирант, Московский государственный  
индустриальный университет (Россия,  
г. Москва, ул. Автозаводская, 16)

E-mail: dian-v@msiu.ru

***Duseev Sergey Gennad'evich***

Postgraduate student, Moscow State  
Industrial University (16 Avtozavodskaya  
street, Moscow, Russia)

---

УДК 53.083.8

**Дианов, В. Н.**

**Диагностика скрытых дефектов робототехнических комплексов /**  
В. Н. Дианов, Т. А. Гевондян, С. Г. Дусеев // Известия высших учебных заведе-  
ний. Поволжский регион. Технические науки. – 2013. – № 3 (27). – С. 189–198.