

МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

Е. Н. Еремин, А. С. Лосев, С. А. Бородихин, А. Е. Маталасова, И. А. Пономарев

Применение термической обработки для упрочнения коррозионностойких покрытий, наплавленных порошковой проволокой с комплексом VN-TiB₂-ZrB₂

Объектом исследований являлся металл покрытия, наплавленного высокохромистого порошковой проволокой легированной комплексом VN-TiB₂-ZrB₂. Исследовано изменения дюрOMETрических свойств и тонкой структуры покрытия в результате отпуска и последующей закалки. Показано, что упрочнение металла такого покрытия в результате закалки заключается в образовании сложной композиционной структуры с железохромистой мартенситной матрицей, большим количеством эвтектики и частиц упрочняющих комплексов, что приводит к повышению твердости и износостойкости. Установлено, что фазовые превращения в металле такого покрытия обусловлены образованием эвтектической составляющей на базе боридов хрома и железа, имеющих каркасное строение и большого количества дисперсных частиц нитридов титана размером до 2,5 мкм.

Ключевые слова: наплавка, порошковая проволока, хромистая сталь, боридные соединения, термообработка покрытия, мартенсит, твердость металла, структура покрытия.

В. И. Кузнецов, О. А. Шариков

Способ переработки механических смесей с применением вихревого комплекса глубокой сепарации

Описывается способ переработки механических смесей с применением вихревого комплекса глубокой сепарации – ВКГС и экспериментальная модель нового вихревого сепаратора в виде циклона-конфузора. Предлагаемый способ переработки механических смесей с использованием вихревого комплекса глубокой сепарации заключается в том, что сжатый воздух от нагнетателя (насос, вентилятор, компрессор и т.п.), поступает в завихритель основной технологической линии, в котором создается воздушный вихревой поток, с периферийным, осевым слоем, и, одновременно, с разряжением в осевом слое. Разряжение, по гибкому шлангу подводится к массе механической смеси, подлежащей переработке. По гибкому шлангу смесь втягивается в вихревую трубу завихрителя, где вовлекается в технологический процесс разделения компонентов смеси по их плотности. Способ предполагает переработку механических смесей с применением нового физического процесса – вихревого эффекта конфузора, последовательно – каскадного соединения технологических звеньев в основную технологическую линию и дополнительные линейки аппаратов: сепараторов-конфузоров, циклонов-конфузоров, путепроводов, отделителей отработанного воздуха, накопителей с неделимыми частицами смеси, путепровода с эжектором, для повторного использования отработанного воздуха. Подобные решения и устройства создают технические условия непрерывному технологическому процессу с первой операции загрузки механической смеси в вихревую камеру, её переработке, перемещению переделов, до готовой продукции с максимальным использованием затраченных ресурсов и минимальным экологическим ущербом.

Ключевые слова: сепаратор-конфузор, циклон-конфузор, завихритель, вихревые потоки, тангенциальное сопло.

**Г. Н. Соколов, А. А. Артемьев, Ю. Н. Дубцов, Е. Н. Еремин,
В. Б. Литвиненко-Арьков, А. С. Лосев**

Влияние азота и частиц карбонитрида титана на структуру и свойства металла системы Fe-C-Cr-Ni-Mo, наплавленного порошковой проволокой

Исследовано влияние азота и частиц карбонитрида титана на структуру и эксплуатационные свойства высокохромистой стали, наплавленной с использованием порошковой проволоки. Показано, что качественное формирование наплавленного металла и отсутствие в нем пор достигаются при концентрации азота в наполнителе проволоки не более 0,32 масс. %. Выявлено, что при введении в наполнитель проволоки частиц карбонитрида титана в количестве 0,2–0,6 масс. % реализуется эффект модифицирования наплавленного металла системы Fe-C-Cr-Ni-Mo-N и повышаются его эксплуатационные свойства. Разработанная на основе исследований порошковая проволока рекомендуется для наплавки нефтегазового оборудования.

Ключевые слова: наплавленный металл, порошковая проволока, наночастицы карбонитрида титана, модифицирование металла, аустенитно-мартенситная структура, термостойкость металла, износостойкость металла.

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА. ЭНЕРГЕТИКА

Е. В. Птицына, Д. В. Птицын, А. Б. Кувалдин

Низковольтные электродные водоподогреватели с питанием током сложной формы

В настоящее время остается актуальной разработка эффективных электродных водоподогревателей, связанная с потребностью в более совершенных технических средствах электронагрева воды для отдельных технологических процессов на предприятиях.

В статье на примере физической модели низковольтного электродного водоподогревателя описано экспериментальное исследование влияния электрического режима с питанием током сложной формы на процессы нагрева воды.

Целью работы является исследование процессов нагрева в электродных водоподогревателях при изменении электрических режимов (амплитуды и частоты питающего напряжения (тока)) для выбора эффективных режимов работы установок. Это потребовало решения научных задач по разработке методики исследований на физической модели водоподогревателя, получения регулировочных характеристик, позволяющих разработать рекомендации по выбору эффективных режимов работы, необходимых для последующей разработки алгоритма функционирования системы автоматического управления. Решение поставленных задач позволило установить влияние электромагнитной составляющей, наряду с температурной, на процессы нагрева воды: экспериментально доказано, что при той же скорости подъема температуры значение коэффициента мощности установки увеличивается с 0,67 до 0,975. Режим с питанием током сложной формы обуславливает повышение эффективности работы электродных водоподогревателей.

Ключевые слова: электрическая печь сопротивления прямого нагрева, ток сложной формы, низковольтный электродный водоподогреватель.

В. В. Харламов, С. Н. Найден, А. С. Хлопцов, П. Г. Петров

Математическая модель и методика расчета превышения температуры в узлах коллекторно-щеточного устройства тягового двигателя ЭДП-800 карьерного самосвала БелАЗ в стационарном режиме

В статье приведена математическая модель коллекторно-щеточного устройства тягового двигателя ЭДП-800 карьерного самосвала БелАЗи выполнен расчет превышения температуры в стационарном режиме. С помощью тепловизора получены превышения температуры в узлах коллекторно-щеточного устройства при номинальном режиме работы двигателя. Дана оценка математической модели путем сопоставления экспериментальных и расчетных данных.

Ключевые слова: коллекторно-щеточный узел, зона контакта, тепловая схема замещения, превышение температуры, тепловое сопротивление, тепловой поток, стационарный режим.

А. А. Бубенчиков, Т. В. Бубенчикова

Оценка применения ветроколес без нагрузки в теле ускорителя потока для ветроэнергетических установок с вертикальной осью вращения

В статье представлены исследования, направленные на определение конструкции концентратора, при которой происходит максимальное ускорение воздушного потока. В ходе работы были исследованы установки башенного типа со свободными лопастями в теле концентратора для определения полезного эффекта их использования. Проведены аналитические и экспериментальные исследования предложенных конструкций и вариант их многоярусного исполнения. Даны рекомендации по применению предложенных разработок.

Ключевые слова: ветроэнергетическая установка с вертикальной осью вращения, ускоритель воздушного потока, многоярусные ветроэнергетические установки, конфузор.

А. А. Бубенчиков, Т. В. Бубенчикова, Е. Н. Еремин, В. В. Харламов

Исследование ускорителей воздушного потока башенного типа для ветроэнергетических установок с вертикальной осью вращения

Работа направлена на определение геометрических параметров концентратора для максимального ускорения, проходящего через него воздушного потока. Представлены варианты конструкции ускорителя потока башенного типа от простой конструкции к сложной с добавлением дополнительных конструкций, позволяющих исключить срывание и нежелательное закручивание воздушного потока в теле канала. Получена конструкция, позволяющая увеличить скорость воздушного потока в 3 раза.

Ключевые слова: ветроэнергетическая установка с концентратором, ускоритель воздушного потока башенного типа, оптимальная геометрия конфузорного канала.

С. С. Колмогорова, А. С. Колмогоров, С. В. Бирюков

Измерение степени неоднородности электрического поля

Исследование степени неоднородности электромагнитного поля предполагает оценку, необходимую для определения типа поля и дальнейшую типологическую классификацию, с целью установления зависимостей и определении применимости существующих и разрабатываемых сенсоров при исследованиях параметров электромагнитных полей.

Задачей исследования является разработка методологии определения неоднородности поля, так как ранее решение такой задачи не было. Классификация и количественная оценка степени неоднородности позволит выявить информативные параметры, необходимые при проектировании новых сенсоров электромагнитных полей.

Ключевые слова: электрическое поле, неоднородность электрического поля, методология определения неоднородности, точечный заряд, вектор напряженности, степень неоднородности электрического поля, многокомпонентный сенсор.

Т. А. Новожилов, А. Н. Новожилов, А. О. Юсупова, Г. Ж. Асаинов

Автономные источники питания для нужд релейной защиты

В настоящее время все чаще в электроэнергетике используются устройства телеметрии и релейной защиты, которые располагаются непосредственно на защищаемом элементе электроэнергетической системы или внутри его. Для их питания требуется автономный источник малой мощности, который имеет стабилизированное постоянное напряжение. Существующие устройства ненадежны, дороги в изготовлении и эксплуатации. В отличие от известных устройств питания предложено для обеспечения постоянным оперативным током устройств релейной защиты и диагностики использовать автономные источники питания, которые получают энергию непосредственно из сети с помощью трансформаторов тока или напряжения, а также с помощью индукционного преобразователя размещаемого в торцевой зоне электрической машины. Для реализации этого разработаны схемы электроснабжения и расчет параметров автономных источников питания.

Ключевые слова: релейная защита, устройства диагностики, автономный источник питания, стабилизированное напряжение.

А. И. Антонов, Ю. М. Денчик, Д. А. Зубанов, Н. В. Зубанова, А. А. Руппель

Моделирование несимметричных режимов работы электрической сети и обработка результатов с помощью программы для ЭВМ

В статье описаны процессы, связанные с появлением несимметрии трехфазной системы напряжения. Описан активный эксперимент на выбранном объекте исследования с несимметричными резкопеременными нагрузками. Обработаны результаты эксперимента с помощью программы для ЭВМ и проведен анализ обработки данных результатов.

Ключевые слова: качество электроэнергии, коэффициент несимметрии напряжения, электромагнитная помеха, резкопеременная нагрузка, электромагнитная обстановка, перегрузки по фазам.

А. В. Дед, С. П. Сикорский, И. Б. Данюков

Обработка данных экспериментальных измерений показателей качества электрической энергии на примере уровней отклонений напряжений

В статье представлены результаты обработки данных об отклонениях уровней питающего напряжения в электрических сетях 0,38 кВ Омского государственного технического университета, полученных в рамках проведения обязательного энергетического обследования. При заданном значении вероятности для каждой точки измерения произведен расчет величины отклонения напряжений от номинального значения каждой из фаз. Установлено, что среднее значение отклонения уровня питающего напряжения не превышает

для каждой из фаз величину 7 %, что меньше предельного максимально допустимого значения 10 % установленного ГОСТ.

Ключевые слова: качество электрической энергии, отклонение напряжения, показатели качества, контроль качества электрической энергии.

А. В. Дед, С. П. Сикорский, П. С. Смирнов

Результаты измерений показателей качества электроэнергии в системах электроснабжения предприятий и организаций

В статье представлены результаты измерений показателей качества электрической энергии и проведенного их анализа. Измерения проводились в характерных точках контроля распределительной сети 0,4 кВ предприятий и организаций различных отраслевых секторов экономики. Установлено, что параметры напряжения питания по ряду параметров более чем в 30 % имеют отклонения от допустимых норм, установленных в нормативных документах. Подтверждены данные, что основным показателем, имеющим наибольший процент отклонения от граничных значений, является установившееся отклонение напряжения.

Ключевые слова: качество электрической энергии, отклонение напряжения, несинусоидальность, несимметрия, показатели качества, контроль качества электрической энергии.

Д. В. Коваленко, Л. А. Файфер, Б. Ю. Киселёв, А. О. Шепелев, П. С. Смирнов, В. И. Суровцев

Моделирование резонанса токов на высших гармониках при нестационарном режиме работы системы электроснабжения

В статье дано описание имитационного моделирования резонанса токов, возникающего в системе электроснабжения при изменении степени компенсации реактивной мощности в нестационарных режимах работы и наличии электроприемников, имеющих нелинейную вольт-амперную характеристику. Кроме моделирования режима параллельного резонанса, возникающего на частотах, близких к частотам высших гармоник, предлагаемый алгоритм определяет все возможные резонансные частоты, на которых может выполняться условие параллельного резонанса при различных допущениях, а также относительную погрешность расчета для различных случаев: при учете всех составляющих комплексных сопротивлений; без учета активных составляющих сопротивления; с учетом активной составляющей сопротивления трансформатора, но без учета сопротивлений нагрузок; без учета активной составляющей сопротивления трансформатора и без учета сопротивлений нагрузок. Цель предлагаемой работы: показать, как влияет учет (неучет) составляющих комплексных сопротивлений на результаты определения резонансных частот.

Ключевые слова: резонанс токов, резонансная частота несинусоидальные нестационарные режимы, батареи статических конденсаторов.

А. В. Радченко, К. И. Никитин, А. С. Татевосян, Р. Т. Тажиев

Визуализация и методика исследования трехмерного магнитного поля подвешенного электромагнитного железоотделителя с наборными полюсами и полюсными наконечниками

Математическое моделирование трехмерного магнитного поля подвешенных электромагнитных железоотделителей, используемых в промышленности для сепарации ферромагнитных

включений из сыпучих материалов, транспортируемых ленточными конвейерами, представляет для разработчиков железоотделителей сложную задачу, так как связано с принятием значительных упрощающих задачу допущений, при которых трехмерное магнитное поле железоотделителя заменяется плоскопараллельной моделью. Магнитное поле железоотделителя в межполюсном зазоре и под полюсными наконечниками имеет резкую неоднородность. Моделирование такого поля с применением программных пакетов конечно-элементного анализа (например, ANSYS) требует дополнительного подтверждения надежности результатов математического моделирования экспериментальными данными, полученными при физическом макетировании железоотделителей.

В статье приводится описание испытательного стенда и методики исследования трехмерного магнитного поля подвешенного электромагнитного железоотделителя путем измерения составляющих вектора магнитной индукции миллитесламетром исполнения ТПУ, снабженного измерительным зондом с преобразователем Холла. На основе обработки экспериментальных данных в пакете Excel выполнена визуализация картин пространственного распределения модуля и составляющих вектора магнитной индукции железоотделителя. Результаты исследований трехмерного магнитного поля макетного образца подвешенного электромагнитного железоотделителя, полученные на испытательном стенде, сопоставлены с результатами численного расчета плоскопараллельного магнитного поля в комплексе программ ELCUT 6.0 (профессиональная версия).

Ключевые слова: физическое макетирование, испытательный стенд, подвешенной электромагнитный железоотделитель, межполюсный зазор, полюсные наконечники, трехмерное неоднородное магнитное поле, магнитная индукция, магнитная сила.

Д. Ю. Руди, А. И. Антонов, Т. В. Гоненко, В. И. Клеутин, А. А. Руппель, Е. Ю. Руппель

Методы снижения несимметрии напряжения в электрических сетях 0,4–10 кВ

В статье описаны процессы, связанные с появлением несимметрии трехфазной системы напряжений в электрических сетях, пояснены причины, почему это явление является нежелательным. Рассмотрены причины возникновения несимметрии напряжений и их влияние на работу электрического оборудования и энергосистему в целом. Рассмотрены вопросы снижения коэффициента несимметрии напряжений по обратной последовательности и даны основные рекомендации, позволяющие улучшить качество электроэнергии для соответствия его требованиям ГОСТа 32144-2013. В заключении отмечено, что на данный момент проблема несимметрии напряжений требует незамедлительного решения, так как электрические сети 0,4–10 кВ характеризуются значительной несимметрией напряжений.

Ключевые слова: качество электрической энергии, коэффициент несимметрии напряжения, несимметрия, потери электроэнергии, симметрирующее устройство, электрическая сеть низкого напряжения.

В. А. Копырин, О. В. Смирнов, А. Л. Портнягин

Оценка энергетической эффективности использования внутрискважинных компенсаторов реактивной мощности

В статье приведена оценка энергетической эффективности использования внутрискважинных компенсаторов реактивной мощности в составе установок электроцентробежных насосов. Разработана схема замещения электротехнического

комплекса установки для добычи нефти. Построены кривые функции энергоэффективности характеризующей положительный эффект от внедрения внутрискважинных компенсаторов для различных сечений и длин питающих кабелей.

Ключевые слова: внутрискважинный компенсатор, кабельная линия, погружной асинхронный электродвигатель, трансформатор, электроцентробежный насос.

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ И ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

В. Л. Хазан, М. Н. Ковалева

Каналы связи с переменными параметрами

Теория «парных эхо» является универсальным математическим аппаратом для анализа линейных и нелинейных явлений в радиотехнических цепях и каналах связи. В данной статье анализируются линейные каналы связи с переменными параметрами. Линейные искажения в каналах связи с постоянными параметрами рассматривались авторами в предыдущей статье. Нелинейные искажения в радиотехнических цепях предполагается проанализировать в следующей статье.

Ниже исследуется влияние изменений во времени амплитуды и фазы сигнала на характер его спектра. В принципе, данная задача рассматривается в различных учебных пособиях и в разделах, которые посвящаются вопросам модуляции. Тем не менее, учитывая поставленную задачу демонстрации универсальности математического аппарата, который известен как «теория парных эхо», для анализа линейных и нелинейных явлений в радиотехнических цепях и каналах связи, целесообразно рассмотреть влияние изменений во времени амплитуды и фазы сигнала, которые происходят в каналах связи с переменными параметрами, на структуру спектра этого сигнала. В отличие от обычных видов амплитудной и угловой модуляции изменения амплитуды и фазы сигнала в каналах связи могут происходить одновременно и под влиянием случайных факторов. Рассмотренные в статье конкретные примеры показывают, что изменения во времени амплитуды и фазы сигнала, передаваемого по каналу связи с переменными параметрами, приводят к дополнительному расширению его спектра.

Ключевые слова: коэффициент передачи, модуль коэффициента передачи, фаза коэффициента передачи, мультипликативные помехи, спектр сигнала.

А. А. Калачиков, Н. С. Щелкунов

Построение и проверка моделей радиоканала ММО на основе результатов измерений

Рассматривается задача построения и проверки моделей радиоканала ММО на основе результатов экспериментальных измерений радиоканала. Целью работы является экспериментальный анализ двух аналитических корреляционных моделей радиоканалов ММО с определением параметров моделей из данных, полученных в результате экспериментального измерения импульсных характеристик радиоканала ММО в диапазоне 2,3 ГГц. Приводится описание моделей Кронекера и Вайхсельбергера, описание процедуры зондирования радиоканала и полученные импульсные характеристики. На основе данных измерений вычисляются оценки полной корреляционной матрицы канала, отдельные корреляционные матрицы для построения моделей измеренных радиоканалов. Приводятся критерии качества моделирования и результаты моделирования радиоканала для различных конфигураций антенн на передающей и приемной сторонах.

Ключевые слова: радиоканал ММО, экспериментальное измерение радиоканала ММО, пропускная способность, пространственная структура радиоканала, пространственная корреляция, аналитические модели радиоканалов ММО.

Е. В. Леун, В. И. Леун, А. Е. Шаханов

Метрологический анализ лазерных приборов активного контроля размеров изделий с использованием корундовых наконечников

Статья посвящена расчету погрешности измерений контактных приборов активного контроля (ПАК) размеров изделий с использованием искусственно созданных корундовых наконечников. Показано, что ее большая часть определяется температурной погрешностью, возникающей за счет теплового расширения наконечника при нагреве в результате механического контакта с изделием. Проведенные расчеты основаны на формировании в наконечнике маршрута следования входного и отраженного оптических потоков под углом к его передней поверхности, обеспечивающим полное внутреннее отражение в зоне контакта с изделием.

Произведен расчет погрешности измерений при создании в лазерном интерферометра опорного канала, фиксирующего смещения тыльной стороны наконечника от его теплового расширения. Показано существенное уменьшение погрешности измерений для данного случая.

Ключевые слова: прибор активного контроля, корундовый наконечник, тепловое расширение наконечника, износ наконечника, погрешность измерений, лазерный интерферометр.

Г. М. Сидельников, Д. В. Огнев

Помехоустойчивость разнесенного приема сигналов с фазовой и относительной фазовой модуляцией в каналах с многолучевостью

Рассматривается помехоустойчивость разнесенного приема сигналов с фазовой (ФМ) и относительной фазовой модуляцией (ОФМ) в каналах с многолучевостью при действии аддитивной Гауссовской помехой. В основу анализа помехоустойчивости положено рассмотрение деформации сигнальных расстояний из-за многолучевости, где второй луч представлял совокупность многих других лучей. Подробный анализ необходим для определения предельной помехоустойчивости, разных видов модуляции в системах с разнесением. Полученные зависимости сигнальных расстояний от тонкой структуры многолучевого поля позволяют определить эффективность разнесенного приема сигналов с ФМ и ОФМ в каналах со многолучевостью при действии аддитивной Гауссовской помехи.

Ключевые слова: многолучевое поле, сигнальное расстояние, потенциальная помехоустойчивость, вероятность ошибок.

Н. С. Чернышева, Б. П. Ионов, А. Б. Ионов

Экспериментальная установка для изучения влияния запыленности на бесконтактные измерения температуры

В статье представлена лабораторная установка для изучения влияния запыленности среды распространения излучения на бесконтактные измерения температуры. Наличие в реальных промышленных условиях нестационарного пылевого облака между объектом и прибором инфракрасного теплового контроля является существенным фактором, вызывающим

дополнительную погрешность, которая значительно искажает результаты измерений. Приведены результаты экспериментального моделирования базовых состояний пылевого облака клинкерной пыли и выделены наиболее информативные признаки оценки этих состояний на примере использования пятиканального пирометра со спектральным разделением каналов и оптического пылемера. Показано, что предложенная экспериментальная установка позволяет адекватно моделировать различные ситуации запыленного состояния пространства между прибором бесконтактного контроля температуры и объектом измерения.

Ключевые слова: бесконтактные измерения температуры, пылевое облако, пылемер оптический, коэффициент пропускания.

А. А. Федотов, Р. А. Ахмеджанов

О помехоустойчивости активного виброакустического способа контроля состояния магистрального трубопровода

Повышение помехоустойчивости является одной из основных задач при разработке методов и систем виброакустического контроля. В работе реализовано моделирование функционирования активного способа контроля состояния магистрального трубопровода с использованием аналитической модели поперечных колебаний стержня с добавлением помехи, полученной на действующем трубопроводе. Сделан вывод о перспективности использования когерентного накопления сигнала в активных системах контроля состояния трубопроводов.

Ключевые слова: накопление сигнала, трубопровод, модель колебания стержня, поперечные колебания, отношение сигнал/шум.

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

В. И. Потапов

Вычисление среднего времени «жизни» одного класса резервированных восстанавливаемых после отказов систем при произвольной во времени интенсивности отказов и восстановления

Для резервированной восстанавливаемой после отказов системы, состоящей из n идентичных основных и одного резервного блока при произвольной во времени интенсивности отказов и восстановления найден класс функций интенсивностей восстановления обеспечивающих в среднем, при заданной функции интенсивности отказов блоков, работоспособное состояние рассматриваемой системы в течении заданного времени. Показаны условия существования функций интенсивности восстановления системы после отказов, обеспечивающих для рассматриваемой системы бесконечное время «жизни» при заданной функции интенсивности отказов блоков.

Ключевые слова: резервированная система, интенсивность отказов, интенсивность восстановления, время «жизни» системы, марковский процесс.

В. П. Пивоваров, А. В. Зубарь

Дополнительные ограничения при поиске изображений на стереопарах вдоль эпполярных линий

В статье изложено решение задачи нахождения дополнительных ограничений на область поиска изображения по стереопаре, заданной эпполярной линией. Особенностью данного подхода является возможность определения ограничений на основе математических зависимостей, не требующих нахождения фундаментальной матрицы и предварительной обработки изображений.

Ключевые слова: эпполярная линия, поиск изображения, цифровая видеокамера, система технического зрения, стереопара.

Д. А. Панков, Л. А. Денисова

Контроль и диагностика неисправностей программно-аппаратного комплекса

В работе предлагается комплекс показателей контроля основных неисправностей микроконтроллерной системы. Рассмотрены вопросы тестовой имитации неисправностей для автоматизации тестирования устройств на этапе разработки. Предложен подход к выявлению неисправностей программно-аппаратного комплекса с использованием программно-алгоритмических модулей контроля и диагностики. Экспериментально подтверждена эффективность данного подхода для контроля и диагностики сбоев и отказов в аппаратных компонентах при имитации неисправностей.

Ключевые слова: контроль и диагностика, имитация неисправностей, автоматизация тестирования, программно-аппаратный комплекс, аппаратный отказ.