

На правах рукописи

ЗАТЫЛКИН Александр Валентинович

**СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТНЫМИ ИССЛЕДОВАНИЯМИ
РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ**

**Специальность 05.13. 01 – Системный анализ, управление и
обработка информации (промышленность)**

**Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

МОСКВА 2012

Работа выполнена в ОАО "Военно-промышленная корпорация
"Научно-производственное объединение машиностроения"

Научный руководитель: доктор технических наук,
заслуженный машиностроитель
Леонов Александр Георгиевич.

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
Дивеев Асхат Ибрагимович;
кандидат технических наук, доцент
Жаднов Валерий Владимирович.

Ведущая организация: **ФГБОУ ВПО "Российский
университет дружбы народов"**
(г. Москва).

Защита диссертации состоится «29» марта 2012 г., в 14 часов, на заседании совета по защите докторских и кандидатских диссертаций Д 002.017.03 при Федеральном Государственном бюджетном учреждении науки Вычислительный центр им. А.А. Дородницына Российской академии наук по адресу: 119333, г. Москва, ул. Вавилова, д. 40, конференц-зал.

С диссертацией и авторефератом можно ознакомиться в библиотеке Вычислительного центра им. А.А. Дородницына РАН.

Автореферат разослан « » февраля 2012 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
к.ф.-м.н.

А. В. Мухин

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Изделия современной радиоэлектронной промышленности относятся к сложным наукоемким изделиям, к которым предъявляются высокие требования по физическим и эстетическим показателям, закладываемые на этапах жизненного цикла. Соблюдение этих показателей на протяжении этапа эксплуатации невозможно без всестороннего исследования моделей проектируемых изделий.

Научные проблемы, связанные с проведением анализа сложных технических систем, отражены в работах А.И.Дивеева, Ю.Н.Кофанова, Е.Н.Маквецова, И.П.Норенкова, Д.А.Поспелова, Н.А.Северцева, И.Такахары, С.У.Увайсова, П.Уинстона и других отечественных и зарубежных ученых.

Развитие современных средств исследования математических моделей радиотехнических устройств, технологий быстрого прототипирования физических моделей создало необходимые предпосылки для проведения анализа разрабатываемых устройств опытно-теоретическим методом, позволяющим внести уточнения в проектное решение за счет исследования как математических, так и физических моделей, которое осуществляется как программными, так и аппаратными средствами.

Тем не менее, отсутствие единой системы управления проектными исследованиями затрудняет проведение анализа параметров радиотехнических устройств (при климатических, механических, термических и других испытаниях). Кроме того, для принятия эффективных проектных решений необходима обработка оператором большого объема информации и формализованных знаний, что обуславливает необходимость применения экспертных систем и систем поддержки и принятия решений.

Таким образом, создание системы управления проектными исследованиями опытно-теоретическим методом, является актуальной

научно-практической задачей, решение которой позволит обеспечить рост радиоэлектронной промышленности.

Целью работы является повышение надежности и качества изделий радиоэлектронной промышленности за счет увеличения эффективности принятия проектных решений, полученных с помощью системы управления проектными исследованиями радиотехнических устройств.

Методы исследования. При разработке системы управления проектными исследованиями использовались методы системного анализа, теории управления и математической статистики.

Научная новизна и теоретическая значимость работы заключаются в следующем:

1. Разработана классификация систем управления проектными исследованиями с фасетной структурой, отличающаяся тем, что сформированный набор классификационных признаков позволяет выбрать существующую или спроектировать новую систему для эффективного проведения исследований моделей радиотехнических устройств опытно-теоретическим методом.

2. Предложена методика поддержки принятия решений пользователя при организации и проведении проектных исследований, отличающаяся введением адаптации пользователя к разработанной системе, что позволяет повысить эффективность ее использования.

3. Предложена структура системы управления проектными исследованиями опытно-теоретическим методом, отличающаяся от известных выделением программных и аппаратных средств в виде сменного модуля, что позволяет увеличить количество проводимых видов исследований в рамках одной системы.

4. Разработан алгоритм проведения опытно-теоретических исследований программных и физических моделей радиотехнических устройств, отличающийся обработкой результатов исследований с

участием экспертных систем, что позволяет повысить эффективность проектных решений.

Практическая значимость работы состоит в том, что разработанные автором теоретические положения доведены до практической реализации в виде программно-аппаратного комплекса, позволившего повысить надежность и качество радиотехнических устройств на ранних этапах проектирования, о чем имеются акты внедрения в промышленность.

На защиту выносятся:

1. Классификация систем управления проектными исследованиями, отличающаяся набором классификационных признаков ориентированных на эффективное проведение испытаний опытно-теоретическим методом.

2. Методика поддержки принятия решений при организации и проведении проектных исследований с адаптацией пользователя, повышающая эффективность использования в промышленности разработанной системы.

3. Структура системы управления проектными исследованиями со сменными программно-аппаратными модулями, позволяющая увеличить количество проводимых видов исследований в рамках одной системы.

4. Алгоритм проведения опытно-теоретических исследований программных и физических моделей радиотехнических устройств, позволяющий за счет применения экспертных систем повысить эффективность проектных решений.

Реализация и внедрение результатов работы осуществлялись в виде применения системы управления проектными исследованиями опытно-теоретическим методом в производственной деятельности ОАО «Радиотехнический институт имени академика А.Л. Минца», ОАО «Научно исследовательский институт физических измерений», в учебном процессе кафедры «Конструирование и производство

радиоаппаратуры» ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет».

Личный вклад автора в проведенное исследование.

Представленные на защиту результаты диссертации получены автором самостоятельно. Результаты, опубликованные совместно с другими авторами, принадлежат соавторам в равных долях. Результаты других авторов, которые использованы при изложении, содержат ссылки на соответствующие источники.

Апробация работы. Основные результаты работы докладывались и обсуждались на Международном симпозиуме «Надежность и качество» (г. Пенза, 2005–2011 гг.); VII научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых специалистов РГУИТП (г. Москва, 2011); научно-технической конференции в рамках Всероссийской научной школы «Методики, техника и аппаратура внешних испытаний» (г. Пенза, 2011 гг.).

Достоверность научных положений и выводов, содержащихся в работе, основывается на экспериментальном подтверждении эффективности предложенных положений, а так же успешной апробации.

Публикации. Основные положения диссертации опубликованы в 15 печатных работах (3,8 п.л.), в том числе 4 работы (0,6 п.л.) – в рецензируемых журналах, входящих в перечень ВАК России, и 2 свидетельства о регистрации электронных ресурсов.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, библиографического списка, двух приложений. Основная часть изложена на 124 страницах машинописного текста, содержит 12 рисунков, 4 таблицы. Список литературы состоит из 74 наименований. Приложение №1 к диссертации занимает 5 страниц, приложение №2 – 7 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении рассмотрены современное состояние проблемы и актуальность темы диссертации, сформулированы цель и задачи исследования. Приведены краткое изложение содержания и основные результаты диссертационной работы, а также положения, выносимые на защиту.

В первой главе рассмотрены особенности формирования показателей радиотехнических устройств на всех этапах жизненного цикла. Проведен обзор и изложены результаты анализа функциональных возможностей современных систем управления проектными исследованиями.

Основные параметры современных радиотехнических устройств формируются на этапе проектирования, поэтому эффективность принятия проектных решений особенно важна именно на этом этапе.

Проведенный анализ функциональных возможностей современных средств управления проектными исследованиями показал, что все они, независимо от степени сложности, ориентированы на проведение конкретных видов испытаний (климатических, механических, термических и других). Поэтому проведение всестороннего анализа моделей радиотехнических устройств осложнено рядом недостатков, таких как: отсутствие единой системы обработки экспериментальной информации и высокая сложность проведения анализа большого объема информации и формализованных знаний.

Таким образом, результаты, полученные в первой главе, позволили сформировать необходимую основу для дальнейшей разработки новой системы управления проектными исследованиями.

Во второй главе разработана классификация систем управления проектными исследованиями, позволяющая выбрать существующую или спроектировать новую систему для эффективного проведения исследований на этапе проектирования. Предложена методика поддержки принятия решений при организации и проведении

проектных исследований радиотехнических устройств опытно-теоретическим методом.

На основе результатов проведенного в работе анализа функциональных возможностей современных систем управления исследованиями сделан вывод, что при разработке концепции новой системы необходимо учитывать различные аспекты ее создания и функционирования.

Установлено, что существующие классификации систем управления проектными исследованиями не учитывают этих аспектов, поэтому разработана новая классификация (рис.1), в которой были сформулированы следующие классификационные признаки: степень интеллектуализации средства, вид внешнего воздействия, вид результата воздействия, определяемая характеристика объекта и вид средства испытаний.



Рисунок 1 – Схема классификации систем управления проектными исследованиями

Представленная классификация позволяет выбрать существующую или спроектировать новую систему управления проектными исследованиями для эффективного проведения исследований радиотехнических устройств опытно-теоретическим методом на этапе проектирования.

Информатизация современного производства выдвигает ряд специфических требований к разрабатываемым системам, в том числе и системам управления проектными исследованиями, подразумевая их адаптацию не только к молодым специалистам, но и к людям, имеющим опыт производственной деятельности с целью их интеграции в современную информационно-коммуникационную среду.

Поэтому предложенная в работе методика поддержки принятия решений отличается введением адаптации пользователя к системе за счет пояснений выполняемых им операций. Для этого используется либо общение с экспертной системой, либо отработка навыков и умений на процедурных и функциональных тренажерах.

Выбор варианта пояснения заключается в следующем:

1. Провести анализ блока информации и определить долю его процедурной емкости (x).

$$x = \frac{\sum_{i=1}^n SP_i}{\sum_{i=1}^n SP_i + \sum_{j=0}^m SD_j},$$

где SP - процедурная емкость i -го блока; n - количество фреймов "ситуаций"; SD - декларативная емкость блока j -го блока; m - количество фреймов "описаний".

2. Определить значение функции принадлежности x значению входной лингвистической переменной «Процедурная емкость», обозначенной P . Терм-множество (TP) лингвистической переменной P включает следующие значения (нечеткие переменные):

$$TP = [E1, E2, E3],$$

где $E1$ - нечеткая переменная «Малая процедурная емкость», $E2$ - нечеткая переменная «Средняя процедурная емкость» и $E3$ - нечеткая переменная «Большая процедурная емкость».

3. Установить значение выходной лингвистической переменной «Вариант пояснения», обозначенной K . Терм-множество которой (TK) включает следующие значения:

$$TK = [S1, S2, S3],$$

где $S1$ - нечеткая переменная «Экспертная система», $S2$ - нечеткая переменная «Процедурный тренажер» и $S3$ - нечеткая переменная «Функциональный тренажер».

База правил нечеткого логического вывода содержит набор следующих правил продукции:

$$S1 = \max [E1; \min (E2; E3)],$$

$$S2 = \max [E2; \min (E1; E3)],$$

$$S3 = \max [E3; \min (E1; E2)].$$

4. Провести корректировку уровня квалификации пользователя в соответствие значению выходной лингвистической переменной «Вариант пояснения».

В разработанной методике отсутствует этап дефаззификации, поскольку его следует использовать только при необходимости преобразования нечеткого набора значений выходных лингвистических переменных к точным. Здесь же достаточно установить следующее соответствие: $S1$ соответствует варианту пояснения с экспертной системой; $S2$ соответствует варианту пояснения с процедурным тренажером; $S3$ соответствует варианту пояснения с функциональным тренажером.

Таким образом, разработана классификация систем управления исследовательскими испытаниями, отличающаяся набором классификационных признаков, ориентированных на эффективное

проведение испытаний радиотехнических устройств опытно-теоретическим методом и методика поддержки принятия решений пользователя при организации и проведении проектных исследований с введением адаптации пользователя к системе.

В третьей главе предложена структура системы управления проектными исследованиями, со сменным программно-аппаратным модулем и алгоритм проведения опытно-теоретических исследований программных и физических моделей радиотехнических устройств, позволяющий за счет применения экспертных систем повысить эффективность проектных решений.

В рамках предложенной в работе классификации разработана структура системы управления проектными исследованиями (рис.2), отличающаяся от известных использованием сменного программно-аппаратного модуля, позволяющего не только расширить область применения разработанной системы, но и снизить ее конечную стоимость.

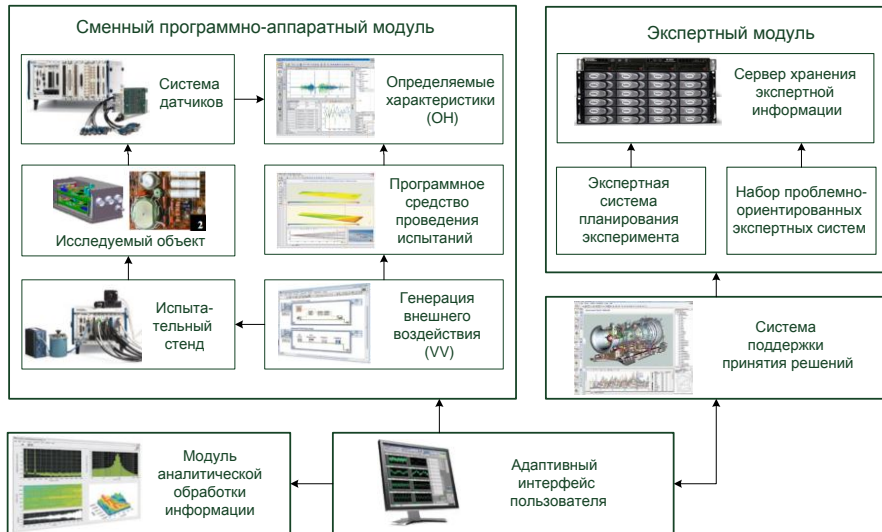


Рисунок 2 – Структура системы управления проектными исследованиями со сменным программно-аппаратным модулем

Применение системы поддержки принятия решений пользователем позволяет при необходимости корректировать уровень его квалификации. Достоинством системы так же является использование единого модуля аналитической обработки информации при проведении различных экспериментов опытно-теоретического метода

Практическое применение опытно-теоретического метода исследований при разработке радиотехнических устройств осложнено необходимостью обработки оператором большого объема информации и формализованных знаний, что требует введения экспертных систем.

Поэтому разработан алгоритм проведения опытно-теоретических исследований программных и физических моделей радиотехнических устройств (рис.3), отличающийся возможностью работы оператора с проблемно-ориентированными экспертными системами, введение которых на этапе анализа результатов проектных исследований позволяет повысить эффективность принятия проектных решений при создании современных радиотехнических устройств.

Таким образом, предложена структура системы управления проектными исследованиями со сменным программно-аппаратным модулем, позволяющим увеличить количество проводимых видов исследований в рамках одной системы и алгоритм проведения опытно-теоретических исследований программных и физических моделей радиотехнических устройств, позволяющий повысить эффективность проектных решений.

В четвертой главе проводилась экспериментальная проверка эффективности разработанной системы при исследовании стержневых конструкций радиотехнических устройств опытно-теоретическим методом.

Предложенные в работе теоретические положения доведены до практической реализации в виде программно-аппаратного комплекса, позволившего повысить надежность и качество радиотехнических

устройств на ранних этапах проектирования, что подтверждено экспериментально.



Рисунок 3 – Алгоритм проведения опытно-теоретических исследований радиоэлектронной аппаратуры

Экспериментальная проверка эффективности разработанной системы управления проектными исследованиями проводилась на кафедре «Конструирование и производство радиоаппаратуры» ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет». В

качестве участников эксперимента были выбраны студенты специальности 210201 «Проектирование и технология РЭС». Количество испытуемых составило 72 человека, разделенных на две группы. Состав обеих групп определялся по итогам входного контроля, что позволило сформировать две равноценные группы – контрольную и экспериментальную. Обеим группам было предложено провести экспериментальные исследования математической и физической моделей металлического стержня на устойчивость к вибрационным воздействиям опытно-теоретическим методом.

Для проведения исследований физических моделей стержневых конструкций радиотехнических устройств разработана инженерная методика (рис. 4), позволяющая получить амплитудно-частотный спектр и построить собственную форму исследуемой конструкции на выделенных резонансных частотах.

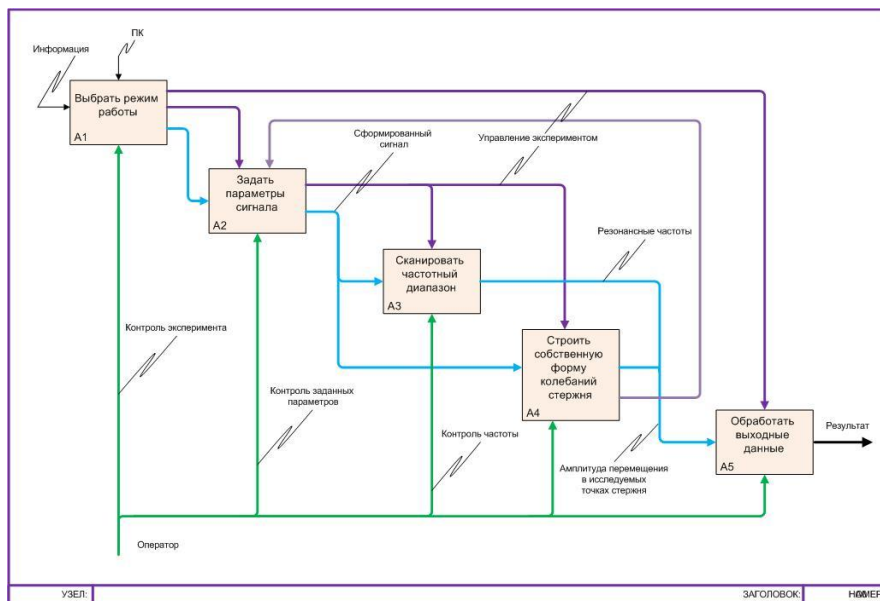


Рисунок 4 – Инженерная методика исследований физических моделей стержневых конструкций радиотехнических устройств

В качестве испытательного стенда для физической модели использовался вибростенд электродинамический ВЭД-10, для построения и исследования математической модели – программная система «Стержень 2.0».

Критерием эффективности разработанной системы выбрано время проведения проектных исследований моделей стержневой конструкции. При построении амплитудно-частотного спектра в контрольной группе время проведения эксперимента составило 4,2 часа, а в экспериментальной группе – 3,4 часа, что оказалось на 18% ниже. При построении собственной формы стержня на выделенных резонансных частотах время проведения эксперимента в контрольной группе составило 1,6 часа, а в экспериментальной группе – 1,22 часа, что оказалось на 24% ниже.

Анализ полученных результатов показал, что причиной сокращения времени проведения проектных исследований является уменьшение количества неверных действий и решений, принимаемых оператором.

Таким образом, следует сделать вывод: применение разработанной системы управления проектными исследованиями позволяет сократить время проведения проектных исследований и повысить эффективность принятия проектных решений.

В заключении обобщены результаты работы и сделаны выводы по работе.

В приложениях представлены документы, подтверждающие внедрение результатов работы и копии свидетельств о регистрации электронных ресурсов.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

1. Проведен системный анализ современных средств управления проектными исследованиями, с помощью которого выделены основные аспекты их создания и функционирования.

2. Разработана методика поддержки принятия решений при организации и проведении опытно-теоретических исследований.

3. Разработана структура системы управления проектными исследованиями, позволяющая проводить программные и аппаратные исследования за счет введения сменных модулей.

4. Разработан алгоритм проведения опытно-теоретических исследований с применением современных методов обработки информации.

5. Практически реализован программно-аппаратный комплекс, который внедрен в производственную деятельность ОАО «Радиотехнический институт имени академика А.Л. Минца», ОАО «Научно исследовательский институт физических измерений», в учебный процесс кафедры «Конструирование и производство радиоаппаратуры» ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет».

ПУБЛИКАЦИИ

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ

1. Методология формирования профессиональных навыков в интеллектуальной компьютерной системе обучения с внешним объектом изучения / Алмаметов В.Б., Затылкин А.В., Граб И.Д., Зияутдинов В.С., Щербакова С.В. // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. – 2009. № 1 (9). – С. 48–54.

2. Затылкин, А.В. Метод связанных систем в моделировании процесса обучения / Затылкин А.В., Алмаметов В.Б., Кочегаров И.И. // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. – 2010. № 4 (9). – С. 56-61.

3. Затылкин, А.В. Классификация систем управления проектными исследованиями радиотехнических устройств / Затылкин А.В., Леонов А.Г., Юрков Н.К. // Моделирование в машино- и приборостроении. Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2011, с. 119-128.С.

4. Затылкин, А.В. Методика поиска ненадежного элемента в РЭА специального назначения / Затылкин А.В., Голушко Д.А., Юрков Н.К. // Вопросы радиоэлектроники, сер. ОТ. - 2011, № 2, с. 123-128.

Публикации в других изданиях

5. Затылкин, А.В. Исследование моделей стержневых конструкций радиоэлектронных средств / Таньков Г.В., Трусов В.А., Затылкин А.В.// Надежность и качество: Труды международного симпозиума / Под ред. Н.К. Юркова – Пенза: ИИЦ ПГУ, 2005, с. 156-158.

6. Затылкин, А.В. Динамика пластинчатых конструкций РЭС / Таньков Г.В., Селиванов В.Ф. Затылкин А.В. // Материалы VI Всероссийской научно-технической конференции «Современные охраняемые технологии и средства обеспечения комплексной безопасности объектов».-Пенза: ИИЦ ПГУ, 2006, с. 78-81.

7. Затылкин, А.В. Моделирование тепловых процессов в стержневых конструкциях РЭС / Затылкин А.В., Таньков Г.В. // Надежность и качество: Труды международного симпозиума: В 2-х томах. Том 1./ Под ред. Н.К. Юркова – Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2007, с. 257.

8. Затылкин, А.В. Лабораторный практикум в развитии исследовательских навыков / Юрков Н.К. Граб И.Д., Затылкин А.В., Алмаметов В.Б. / Сб. статей Междунар. НТК «Современные информационные технологии – 2009». Вып. 9, Пенза, изд-во ПГТА, 2009, с. 130 – 134

9. Затылкин, А.В. Прототипирование ПП в условиях учебной лаборатории / Затылкин А.В. // Цифровые модели в проектировании и производстве РЭС: межвуз. сб. науч. тр./ под ред. профессора Н.К. Юркова. – Пенза: Изд-во Пенз. Гос. Ун-та, 2010. – Вып. 15, с. 54–59.

10.Затылкин, А.В. Модель программной системы оценки теплового режима конструкций РЭС / Затылкин А.В., Кочегаров И.И., Крылов С.В. //VII научно-техническая конференция студентов,

аспирантов и молодых специалистов РГУИТП: тезисы докладов. – М.: Изд-во РИО РГУИТП, 2011. – С. 129–131.

11. Затылкин, А.В. Объектно-ориентированная база знаний / Затылкин А.В. // Цифровые модели в проектировании и производстве РЭС : межвуз. сб. науч. тр. / под ред. Н. К. Юркова. – Пенза : Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2011. – Вып. 16. – С. 88-90.

12. Затылкин, А. В. Внешние механические воздействия как источник возникновения дефектов / А. В. Затылкин, Д. А. Голушко, В. С. Юдин // Испытания-2011 : сб. материалов науч.-техн. конф. в рамках Всерос. науч. школы «Методики, техника и аппаратура внешних испытаний» / под ред. проф. Т. И. Мурашкиной. – Пенза : Изд-во ПГУ, 2011. – С. 30-31.

13. Затылкин, А.В. Исследование моделей радиотехнических устройств на ранних стадиях проектирования / Затылкин А.В. // Сб. статей Междунар. НТК «Современные информационные технологии – 2011». Вып. 11, Пенза, изд-во ПГТА, 2011, с. 113 – 118.

Свидетельства о регистрации программ

14. Программная система оценки теплового режима конструкции РЭС: Свидетельство о регистрации электронного ресурса № 16419 / Крылов С.В., Затылкин А.В., Юрков Н.К. № 50201050233; заявл. 25.11.2010; опубли. 06.12.2010. Алгоритмы и программы № 8, 1 с.

15. Автоматизированный стенд исследования процедуры формирования тестового воздействия при проведении диагностики логических схем электронных устройств: Свидетельство о регистрации электронного ресурса №17519 / Затылкин А.В., Баннов В.Я., Сапрова Е.В. № 50201050437; заявл. 21.12.2010; опубли. 06.02.2011. Алгоритмы и программы № 2, 1 с.