

## МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ ОПЫТНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ НА РАННИХ ЭТАПАХ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

© 2012 А. В. Затылкин, Д. А. Голушко, А. В. Лысенко

Пензенский государственный университет

В статье показана актуальность опытно-теоретического метода при проведении проектных исследований моделей радиоэлектронных средств (РЭС). Доказана необходимость применения экспертных систем на всех этапах разработки РЭС. Предложен алгоритм проведения проектных исследований РЭС опытно-теоретическим методом, позволяющим за счет применения экспертных систем повысить эффективность проектных решений.

*Алгоритм, экспертные системы, проектные исследования, радиоэлектронные средства, опытно-теоретический метод.*

### Введение

В настоящее время при разработке, испытаниях и эксплуатации радиоэлектронных средств (РЭС) огромную роль играют такие экономические факторы как высокие затраты материальных, человеческих и денежных средств [1,2]. Поэтому разработчикам все больше внимания приходится уделять построению именно математических моделей РЭС.

Тем не менее, использование только математических моделей существенно ограничивает область исследований РЭС по следующим причинам:

- Обработка отдельных подсистем осуществляется по ограниченному объему информации, что приводит к неточностям структурного и параметрического описания подсистем, а затем к появлению ошибок в описании системы и определении выходных характеристик РЭС.

- Существующие методы математического моделирования имеют свои отличительные особенности, накладывающие различные ограничения на область их применения (исследование конструкции РЭС в динамике или статике, описание граничных условий и т.д.), что требует постоянного уточнения полученной модели. Поэтому без дополнительных исследований нельзя пренебречь влиянием этих ошибок на точность расчета выходных оценок.

Конечно, для простых систем можно

создать только математическую модель или только опытный образец и провести все необходимые испытания и исследования, по результатам которых принять проектное решение.

Для сложных систем, которыми в большинстве случаев и являются РЭС, такой подход неприемлем. Например, трудно представить создание для целей исследования опытного образца крупного автоматизированного предприятия в металлургической промышленности. Такой эксперимент привел бы к огромным материальным затратам и значительному увеличению сроков ввода объекта.

Именно поэтому целесообразно использовать опытно-теоретический метод. Накопленный опыт разработки сложных систем позволил ученым под руководством профессора В.А. Ренева сформулировать основные положения опытно-теоретического метода проведения исследований, основанного на объединении разнородной информации, полученной при различных видах испытаний и эксплуатации [3].

### Достоинства и недостатки опытно – теоретического метода

Основные положения этого метода следующие: содержательное описание задачи, связанной с оценкой эффективности, представляющее собой первый шаг на пути к ее формализации; уточнение степени и ха-

рактера функциональной зависимости показателя эффективности от характеристики элементов системы и внешних условий; установление обобщенных параметров; определение требований по точности и достоверности искомых оценок; отбор релевантных факторов по априорным и др. данным; определение условий испытаний с помощью факторного планирования и выбор соответствующих методов оценки истинных характеристик при использовании различного рода информации о системе и ее элементах (математическое моделирование, применение имитаторов, натурный эксперимент); обоснование и выбор приемлемого состава и структуры необходимых моделей и имитаторов; планирование и организация натуральных экспериментов, обоснование объема испытаний и количества экспериментов; отработка и калибровка математических моделей по результатам испытаний; оценка показателей эффективности.

Поскольку, как показала практика, подобный подход позволяет создать работоспособную модель сложной мехатронной системы и достичь требуемой точности результатов моделирования, в данной статье проведена конкретизация этого метода для другой предметной области, а именно для проведения исследований программных и физических моделей РЭС.

Практическое применение опытно-теоретического метода исследований при разработке РЭС осложнено необходимостью обработки оператором большого объема информации и формализованных знаний, что требует введения экспертных систем и интеллектуальных методов. Поэтому необходимо разработать методику анализа программных и физических моделей радиотехнических устройств с возможностью работы оператора с проблемно-ориентированными экспертными системами.

#### **Алгоритм проведения проектных исследований РЭС**

Была разработана методика проведения опытно-теоретических исследований (математических) программных и физических моделей РЭС (рис.1), отличающаяся возможно-

стью работы оператора с проблемно-ориентированными экспертными системами.

В настоящее время проектировщики РЭС используют богатый арсенал систем автоматизированного проектирования (САПР), под которыми в России понимаются также и системы инженерного анализа. Это позволяет не только автоматизировать многие рутинные операции, но и частично повысить качество проектных решений, например, при разводке печатных плат, где трассировка проводников, как правило, проходит в автоматическом режиме с учетом необходимых параметров, выставленных оператором. Тем не менее, решение задачи оптимального расположения проводников (приводящее к уменьшению размеров печатной платы) такие системы ведут без учета различных дестабилизирующих факторов, таких как тепловые поля, внешние механические воздействия (удары и вибрации), влажность, ионизирующее воздействие и т.д.

Именно поэтому, после выполнения этапов, на которых разрабатывается схема электрическая принципиальная (рис. 1, блок 2), происходит размещение радиоэлементов на печатной плате (рис. 1, блок 3) и ее трассировка (рис. 1, блок 4), следует выделить необходимые контролируемые параметры РЭС (рис. 1, блок 5) и создать соответствующие математические модели (рис. 1, блок 6) с целью их всестороннего исследования (рис. 1, блок 7).

Провести правильную интерпретацию результатов, полученных при помощи программных систем инженерного анализа иногда довольно сложно [4,5]. В качестве примера рассмотрим результаты теплового анализа РЭС, где неверная компоновка радиоэлементов приводит к нарушению работы схемы из-за температурного градиента резисторов R3 и R4 (рис. 2).

Именно для решения этой задачи необходимо проводить анализ результатов моделирования с применением экспертных систем (ЭС), что в случае необходимости позволит выявить неочевидные недостатки проектного решения (в данном случае расположения элементов R3 и R4 на печатной плате).

Кроме того, существующие системы



Рис. 1. Алгоритм методики проведения опытно-теоретических исследований РЭС

инженерного анализа РЭС проводят анализ влияния тепловых, механических и других факторов без учета их взаимного влияния, что в некоторых случаях ведет к резкому отличию расчетных параметров системы от реальных.

Свести эту ошибку к минимуму можно различными способами – применением систем поддержки принятия решений (рис. 1,

блок 8), способных по результатам проведенных исследований внести корректировку в проектные решения (изменение теплового режима работы, изменение геометрии крепления, введение амортизаторов и др.), а также созданием (рис. 1, блок 12) и проведением исследований физической модели (прототипа) РЭС.

Особенностью проведения исследований физической модели РЭС (рис. 1, блок 13), также является сложность обработки полученной информации оператором и, зачастую, невозможность ее обработки без соот-

ветствующего специфического опыта работы [6]. Например, на рис. 3, б видно, что отсутствует верхняя гайка крепления печатной платы к стойке.

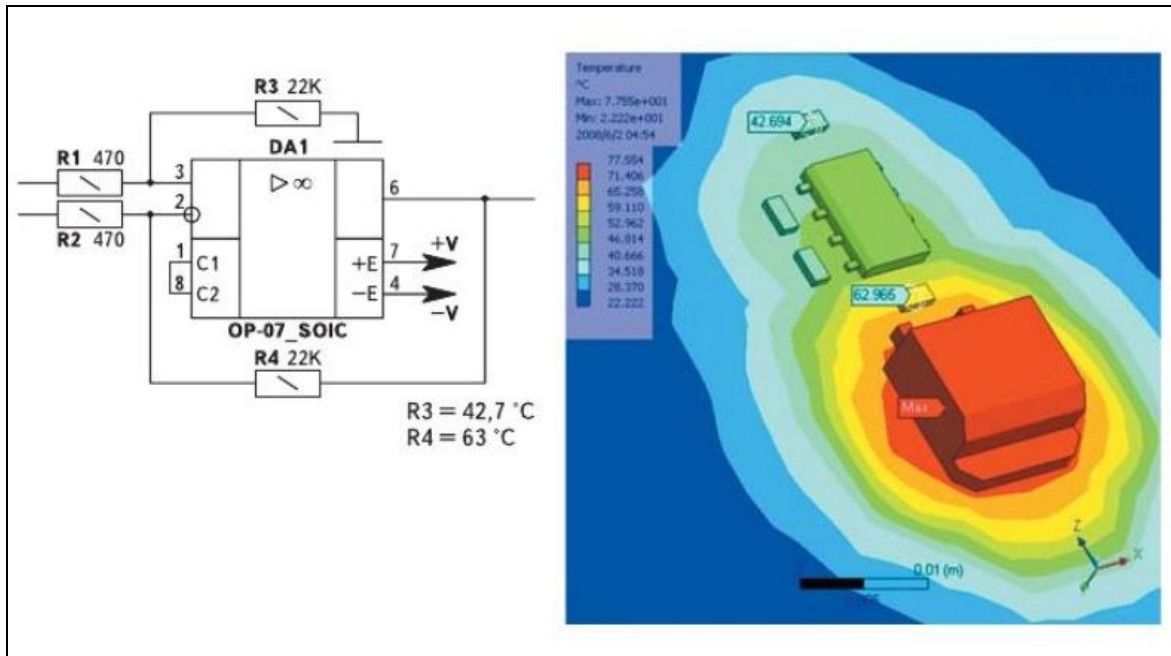
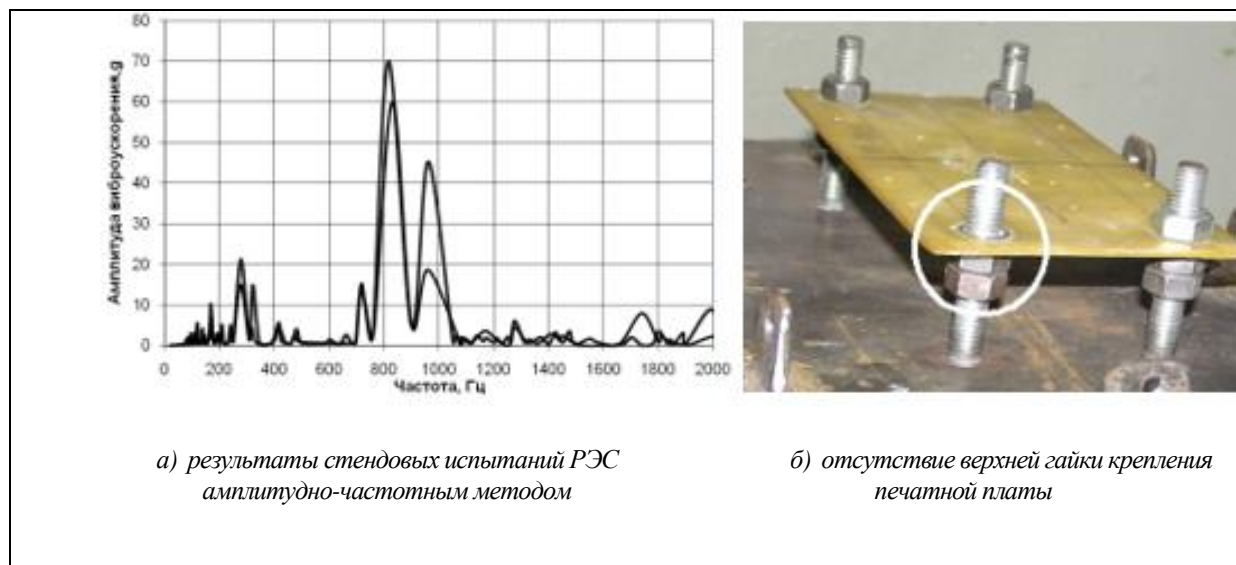


Рис. 2. Неверная компоновка радиоэлементов, приводящая к нарушению работы схемы из-за температурного градиента



а) результаты стендовых испытаний РЭС амплитудно-частотным методом

б) отсутствие верхней гайки крепления печатной платы

Рис. 3. Результаты стендовых испытаний РЭС амплитудно – частотным методом

Но по результатам стендовых испытаний РЭС амплитудно-частотным методом (рис. 3.3, а) это совершенно не очевидно. Поэтому применение ЭС на этапе интерпретации результатов исследования физических моделей РЭС, так же актуально, как и на этапе исследования их математических моделей.

### Выводы

Таким образом, разработан алгоритм проведения опытно-теоретических исследований (математических) программных и физических моделей РЭС, 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.

Статья подготовлена в рамках реализации проекта «Разработка программного комплекса, позволяющего повысить качество радиотехнических устройств за счет своевременного выявления скрытых дефектов» ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России (2009–2013 гг.)», Гос. контракт № 14.740.11.0840 от 01 декабря 2010 г.

### Библиографический список

1. Билибин, К.И. Конструкторско-технологическое проектирование электронной аппаратуры: учебник для вузов [Текст] /

К.И. Билибин, А.И. Власов, Л.В. Журавлева [и др.] / Под общ. ред. В.А. Шахнова. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 528 с.

2. Юрков, Н.К. Технология радиоэлектронных средств: учебник / [Текст] / Н.К. Юрков. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2012. – 717 с.

3. Наукова персодика Украсни [Электронный ресурс] // Проблемы оценки эффективности сложных мехатронных систем и использования опытно-теоретического метода. – Режим доступа: <http://www.nbu.gov.ua>.

4. Затылкин, А.В. Программная система оценки теплового режима конструкции РЭС [Текст] / А.В. Затылкин, И.И. Кочегаров, С.В. Крылов // 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. 79-86.

5. Жаднов, В.В. Программные средства автоматизации проектных исследований надежности электронных средств [Текст] / В.В. Жаднов // Каталог САПР. Программы и производители. – М: Изд-во «СОЛЮ ПРЕСС», 2011. – С. 36-37.

6. Тумковский, С.Р. Виброакустический метод диагностирования бортовой электронной аппаратуры на стадиях жизненного цикла / [Текст] С.Р. Тумковский, Р.И. Увайсов, С.Б. Инжеллиден. С.У. Увайсов // Качество, инновации, образование. – 2007. № 9 (31). – С. 51-55.

## RESEARCH METHODOLOGY OF RADIO ELECTRONIC DEVELOPMENT OF EARLY THEORETICAL METHODS IN THE DESIGN

© 2012 A. V. Zatylnkin, D. A. Golushko, A. V. Lysenko

Penza State University

The article shows the relevance of experimental and theoretical methods in conducting design studies of models of electronic means (REMs). The necessity of the use of expert systems in all phases of the development of REMs. An algorithm for the design of experimental studies REM theoretical method, which allows through the use of expert systems to increase the efficiency of the design decisions.

*Algorithm, expert systems, design studies, electronic warfare, experimental and theoretical approach.*

### **Информация об авторах**

**Затылкин Александр Валентинович**, кандидат технических наук, доцент кафедры конструирования и производства радиоаппаратуры, Пензенский государственный университет. E-mail: [al.zatytkin@yandex.ru](mailto:al.zatytkin@yandex.ru). Область научных интересов: моделирование и оптимизация в интеллектуальных системах проектирования и управления РЭС.

**Голушко Дмитрий Александрович**, аспирант кафедры конструирования и производства радиоаппаратуры, Пензенский государственный университет. E-mail: [dmitgoluschko@yandex.ru](mailto:dmitgoluschko@yandex.ru). Область научных интересов: моделирование и оптимизация в интеллектуальных системах проектирования и управления РЭС.

**Лысенко Алексей Владимирович**, аспирант кафедры конструирования и производства радиоаппаратуры, Пензенский государственный университет. E-mail: [lysenko7891@rambler.ru](mailto:lysenko7891@rambler.ru). Область научных интересов: моделирование и оптимизация в интеллектуальных системах проектирования и управления РЭС.

**Zatytkin Alexander Valentinovich**, candidate of technical sciences, assistant professor of design and manufacture of radio equipment, Penza State University. E-mail: [al.zatytkin@yandex.ru](mailto:al.zatytkin@yandex.ru). Area of scientific: modeling and optimization in intelligent systems design and management of REMs.

**Golushko Dmitriy Alexandrovich**, post-graduate student of design and manufacture of radio equipment, Penza State University. E-mail: [dmitgoluschko@yandex.ru](mailto:dmitgoluschko@yandex.ru). Area of scientific: modeling and optimization in intelligent systems design and management of REMs.

**Lysenko Aleksey Vladimirovich**, post-graduate student of design and manufacture of radio equipment, Penza State University. E-mail: [lysenko7891@rambler.ru](mailto:lysenko7891@rambler.ru). Area of scientific: modeling and optimization in intelligent systems design and management of REMs.