

Аппаратно-программный комплекс автоматизированного проектирования, обеспечения виртуализации испытаний и стойкости к воздействию дестабилизирующих факторов при эксплуатации РЭА

© Авторы, 2011

Н.В. Малютин

д.т.н., профессор, академик РАЕН, заместитель генерального директора Открытого акционерного общества «Научно-исследовательский центр электронной вычислительной техники»

E-mail: mnv220609@mail.ru

О.Ю. Мартынов

к.т.н., генеральный директор Открытого акционерного общества «Научно-исследовательский центр электронной вычислительной техники»

E-mail: martynov@nicevt.ru

А.С. Шалумов

д.т.н., профессор, академик Международной академии информатизации, лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники, заведующий кафедрой информационных технологий Владимирского филиала Российской академии государственной службы при Президенте Российской Федерации

E-mail: ALS140965@mail.ru

Ю.Н. Кофанов

д.т.н., академик Международной академии информатизации и РАЕН, Президент Российской академии надежности, лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники, профессор Московского государственного института математики и электроники (технического университета)

E-mail: kofanov@akado.ru

В статье рассматриваются основные вопросы назначения, состояния и перспективы развития отечественной системы автоматизированного проектирования и испытаний радиоэлектронной аппаратуры.

Ключевые слова: проектирование, радиоэлектронная аппаратура, электронный макет, виртуальные испытания, электрорадиоизделия, механические воздействия, тепловые воздействия

The article examines the main issues of purpose, status and prospects of development of domestic computer-aided design and testing of electronic equipment.

Keywords: designing, electronic equipment, electronic breadboard, virtual tests, radioelements, mechanical effects, thermal effects

Проектирование радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) связано с решением ряда сложных технических проблем и многоэтапностью итеративного процесса создания РЭА в соответствии с заданными техническими требованиями. При этом, недоработки и ошибки проектирования на ранних этапах создания РЭА могут проявляться при изготовлении, испытаниях. Как правило, это приводит к увеличению срока создания аппаратуры и значительным затратам на устранение ошибок. Еще большие потери можно получить, если ошибки проектирования обнаружены при эксплуатации аппаратуры. Поэтому, вопросы организации проведения испытаний РЭА на ранних этапах проектирования важнейшее условие создания высоконадежной аппаратуры.

Сложившаяся практика проектирования РЭА предусматривает проведение испытаний на макетах, экспериментальных и опытных образцах. При этом, затрачивается значительное время и средства на выпуск КД, разработку технологии и изготовление образцов, но требуемой надежности прибора можно не получить. Это обусловлено следующим. Большое влияние на устойчивое функционирование РЭА оказывают тепловые, механические, электромагнитные и радиационные дестабилизирующие факторы. Испытания на различных стадиях проектирования аппаратуры проводят при одновременном воздействии одного, двух и, в редких случаях, трех дестабилизирующих факторов, один из которых - напряжение электропитания аппаратуры. Дестабилизирующий фактор в таких натурных испытаниях принимает фиксированное значение на время выполнения выдержки режима воздействия и измерений. В условиях эксплуатации аппаратуры дестабилизирующие факторы могут воздействовать не только комплексно, но и динамически изменяясь. Очевидно, что никакие натурные испытания не могут гарантировать принятие правильного решения о готовности прибора к установке на объект для длительной эксплуатации.

Альтернативным решением задачи создания высоконадежной РЭА является применение виртуальных испытаний электронного макета разрабатываемого прибора. Мировая практика подтверждает перспективность этого метода проектирования РЭА.

Трудоемкость создания электронного макета полностью окупается не только на этапах проектирования прибора, но и при его эксплуатации. Например, при замене материала или электрорадиоизделий (ЭРИ), снятых с производства, возможно внести соответствующие изменения в электронный макет и выполнить виртуальные испытания в течение нескольких часов на персональной ЭВМ. Действующие в России стандарты весьма затратны, так как предусматривают изготовление РЭА с внесенными изменениями и проведение типовых испытаний. Руководящие Документы (РДВ), выпущенные МО РФ, допускают применение моделирования воздействий дестабилизирующих факторов на РЭА на ранних этапах проектирования.

В настоящее время, при создании аппаратуры применяют системы автоматического проектирования (САПР), которые позволяют автоматизировать расчеты схем, конструкций и выпустить документацию в электронном виде. Известные универсальные моделирующие комплексы (NASTRAN, ANSYS, COSMOS) ориентированы на проектирование изделий машиностроения и не обеспечивают процесс проектирования с созданием электронного макета разрабатываемой РЭА и проведение виртуальных испытаний проверки устойчивости аппаратуры к воздействию дестабилизирующих факторов, т.е. они не обеспечивают **надежностно-ориентированное проектирование**.

Комплексное исследование устойчивости РЭА к воздействию дестабилизирующих факторов возможно выполнить на базе автоматизированной системы обеспечения надежности и качества радиоэлектронной аппаратуры (АСОНИКА), которая обеспечивает математическое моделирование протекающих в изделии физических процессов (механических, тепловых, электрических и др.), в том числе при их комплексном воздействии [3].

Аппаратно-программный комплекс АСОНИКА (АПК АСОНИКА) обеспечивает:

1) на этапе проектирования:

- создание электронного макета прибора (электронного паспорта);
- выполнение виртуальных испытаний электронного макета для определения его устойчивости к воздействию дестабилизирующих механических и тепловых факторов, включая комплексные воздействия;
- автоматизированный выпуск карт рабочих режимов электроэлементов, входящих в состав прибора;
- расчет показателей надежности с прогнозом возможных причин отказов;

2) на этапе изготовления и испытаний:

- диагностирование возможных отказов;

- определение плана испытаний и разработка предложений по замене части натуральных испытаний моделированием;
 - выполнение виртуальных испытаний электронного макета;
- 3) на этапе эксплуатации:
- проведение виртуальных типовых испытаний вместо натуральных, с учетом данных накапливающихся в электронном паспорте;
 - выполнение диагностики при ремонте в процессе эксплуатации и модернизации, в том числе, в условиях удаленных ремонтных баз, включая зарубежные центры обслуживания российской техники;
 - анализ состояния электронного модуля при его утилизации или продлении срока службы с учетом условий эксплуатации.

В состав АПК АСОНИКА входят: программные средства, расчетно-моделирующие подсистемы, управляющая подсистема, база данных материалов и ЭРИ, конвертеры сопряжения с различными САПР. Аппаратные средства АПК АСОНИКА: 32-х разрядный или 64-х разрядный персональный компьютер, миникластер (2011 г.)

АПК АСОНИКА обеспечивает моделирование комплексных воздействий на проектируемую или разработанную ранее РЭА (рисунок 1)



Рис. 1. Дестабилизирующие факторы при комплексном моделировании РЭА. Модели электромагнитных и радиационных воздействий планируется внедрить в 2011 г

В настоящее время в состав АПК АСОНИКА входят подсистемы анализа устойчивости РЭА:

- АСОНИКА-М позволяет проводить расчеты при дестабилизирующих механических воздействиях гармонической вибрации, случайной вибрация, линейного ускорения, удара (одиночного, многократного), акустического шума;

- АСОНИКА-Т позволяет анализировать стационарные и нестационарные тепловые режимы аппаратуры, работающей при естественной и вынужденной конвекциях в воздушной среде, как при нормальном, так и при пониженном давлении;

- АСОНИКА-ТМ позволяет анализировать печатные узлы аппаратуры и проводить расчет стационарного и нестационарного тепловых режимов при механических воздействиях гармонической вибрации, случайной вибрации, удара, линейного ускорения, акустического шума;

- АСОНИКА-В позволяет анализировать механические характеристики приборов установленных на виброизоляторах;

- АСОНИКА-Р предназначена для выпуска карт рабочих режимов ЭРИ. В базе данных подсистемы 94 формы карт рабочих режимов последней редакции РДВ.319.01.09 (2003 года);

- АСОНИКА-Р позволяет осуществлять сравнение параметров по нормативно технической документации со значениями, полученными в результате проведенных расчетов;

- АСОНИКА-Б предназначена для анализа надежности радиоэлектронной аппаратуры и обеспечивает определение показателей безотказности всех ЭРИ, обоснование необходимости и оценку эффективности резервирования радиоэлектронных средств (РЭС);

- АСОНИКА-ДП предназначена для диагностирования дефектов электронных средств на основе анализа температурных полей, взаимодействует с программой моделирования тепловых процессов протекающих в печатном узле и позволяет автоматизировать выявление дефектов печатного узла на стадиях производства и эксплуатации электронных средств;

- АСОНИКА-ДЭ предназначена для диагностирования дефектов электронных средств на основе анализа напряжений в контрольных точках, позволяет на стадии проектирования синтезировать информационную модель электронного средства при различных неисправностях и оперативно оценивать техническое состояние этого средства на последующих стадиях жизненного цикла [3].

В настоящее время, АСОНИКА единственная система, обеспечивающая комплексное моделирование радиоэлектронной аппаратуры на принципах CALS – технологий. Для системы АСОНИКА разрабатываются автоматические конвертеры сопряжения с различными отечественными и зарубежными САПР. Практическая апробация АПК АСОНИКА в предприятиях, разрабатывающих РЭА, показала её высокую эффективность. По результатам экспериментального внедрения АПК АСОНИКА в предприятиях Минпромторга, выпущены РДВ МО РФ и Решение 22 ЦНИИИ МО РФ:

– РД В 319.01.05-94, ред. 2-2000 «... Рекомендации и методы, приведенные в настоящем РДВ могут использоваться разработчиками РЭС ... с целью выбора и предварительной оценки эффективности конструкторских решений, а также с целью оптимизации программ испытаний опытных и серийных образцов РЭС.»;

– РД В 319.02.49-2003. «... Настоящий руководящий документ (РД) устанавливает расчетные методы оценки стойкости РЭА к воздействию механических внешних факторов, а также устанавливает порядок их применения на стадиях конструирования, производства и испытаний»;

– Решение 22 ЦНИИИ МО РФ «... система АСОНИКА соответствует требованиям РД В 319.01.09-94 (ред.2-2000) и пригодна для проведения автоматизированного контроля правильности применения ЭРИ при разработке аппаратуры в интересах МО РФ».

Развитие АПК АСОНИКА осуществлялось в несколько этапов [1,2,3].

Первый этап - разработка оптимального человеко-машинного интерфейса, понятного проектанту РЭА, не имеющего специальной длительной подготовки, увеличение эффективности комплекса АСОНИКА за счет увеличения числа проблемно ориентированных подсистем.

Второй этап - совершенствование комплекса АСОНИКА за счет декомпозиции изделия, имеющего большие массогабаритные размеры, на фрагменты и, как следствие, получение опыта комплексирования данных, полученных при моделировании устойчивости каждого фрагмента изделия к воздействию одноименного дестабилизирующего фактора. Далее, моделирование устойчивости изделия к воздействию одного дестабилизирующего фактора, а также моделирование устойчивости изделия к комплексному воздействию дестабилизирующих факторов.

На первом и втором этапах развития комплекса АСОНИКА отработывалась методика синтеза характеристик изделия, удовлетворяющего требованиям условий эксплуатации на основе анализа результатов виртуальных испытаний электронного макета и доработка изделия с последующим контрольным расчетом.

Третий этап развития предусматривает применение моделирующего комплекса при решении более сложных задач электронного макетирования, виртуальных испытаний РЭА и исследования функционального соответствия прототипа РЭА. Планируется развитие комплексного моделирования и конструкторских систем при воздействии дестабилизирующих факторов. После завершения третьего этапа развития моделирующего комплекса, можно приступить к построению интегрированной системы, обеспечивающей комплексное исследование крупных объектов, таких как самолет, включая бортовую электронную аппаратуру. На рисунке 2 приведены основные этапы развития системы электронного моделирования РЭА.

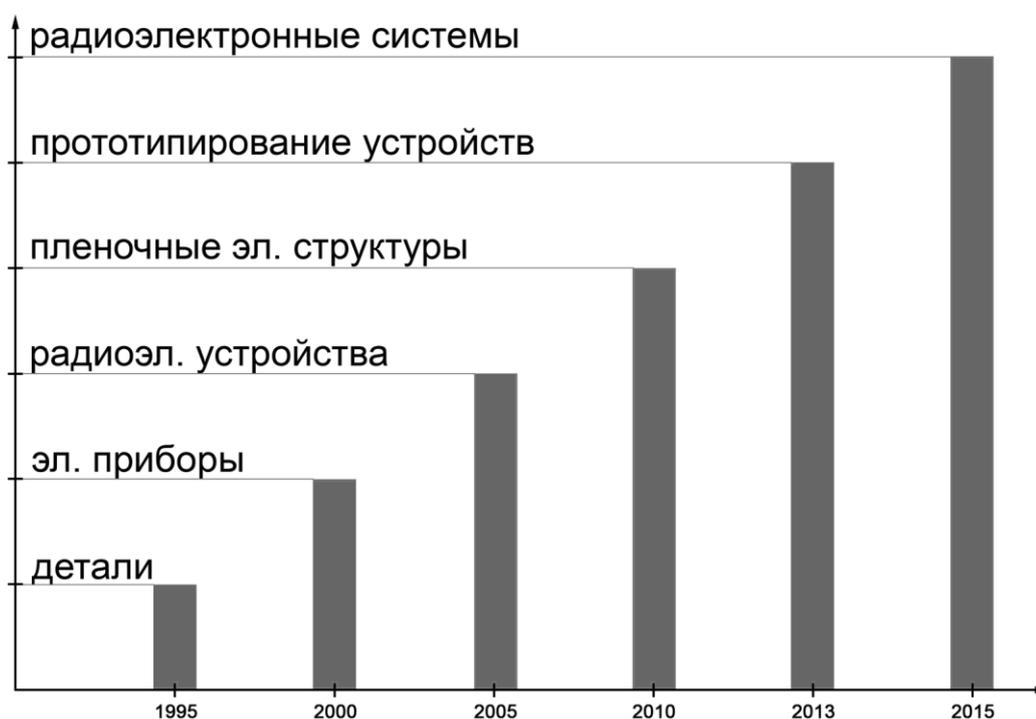


Рис.2. Основные этапы развития системы электронного моделирования РЭА

Совершенствование АПК АСОНИКА потребовало применения ПЭВМ с большим вычислительным ресурсом и объемом допустимой памяти. На рисунке 3 приведены экспериментально-расчетные характеристики вычислительного ресурса ЭВМ, необходимые для обеспечения виртуальных испытаний электронного макета РЭА различной сложности.

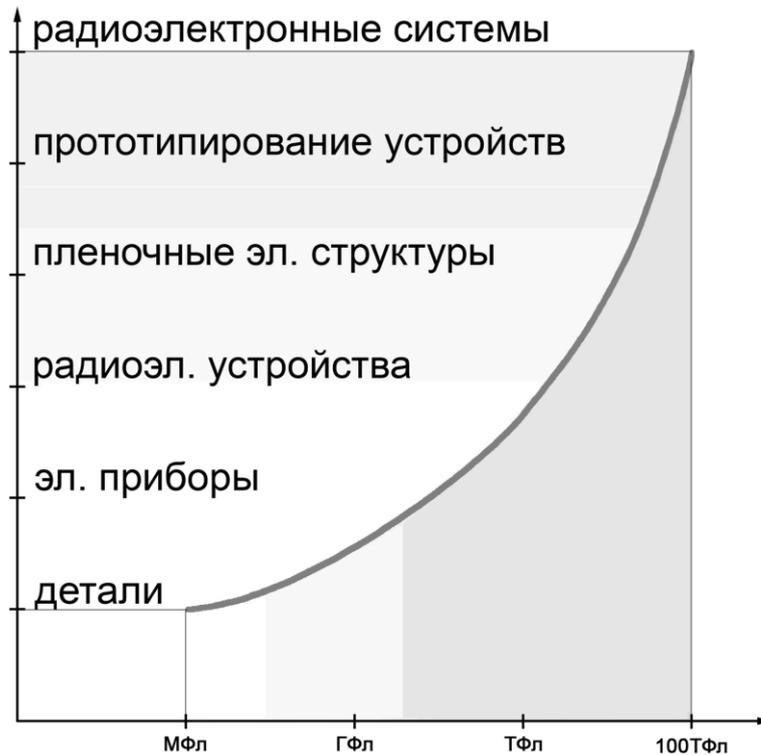


Рис. 3. Экспериментально-расчетные характеристики вычислительного ресурса ЭВМ, необходимые для обеспечения виртуальных испытаний электронного макета РЭА различной сложности

В перспективе, планируется размещение программного обеспечения моделирующего комплекса в среде кластерных ЭВМ.

Из рисунков 2 и 3 видно, что начиная с 2011 года, система моделирования должна сделать качественный шаг в части точности модели, описывающей физические процессы в изделии при комплексном воздействии дестабилизирующих факторов, в том числе, с учетом разработки подсистем анализа электромагнитной устойчивости и спецстойкости. Поэтому, целесообразно не выполнять постоянную модернизацию АПК АСОНИКА, но разработать комплексную систему автоматизированного проектирования, обеспечения виртуализации испытаний и стойкости к воздействию дестабилизирующих факторов при эксплуатации РЭА (рисунок 4).

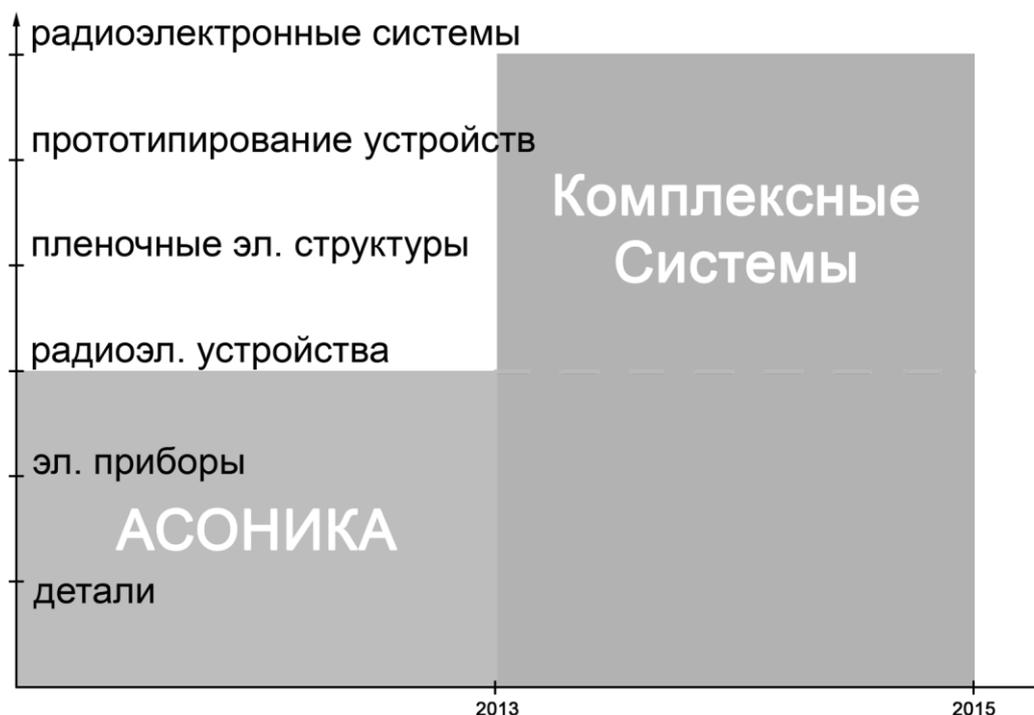


Рис. 4. Развитие комплексной системы автоматизированного проектирования, обеспечения виртуализации испытаний и стойкости к воздействию дестабилизирующих факторов при эксплуатации РЭА,

ОАО «НИЦЭВТ» организовал Центр коллективного пользования (ЦКП «АСОНИКА - суперЭВМ»), который обеспечивает:

- развитие подсистем моделирования, в том числе в базе суперЭВМ;
- выполнение расчетов по заказам других предприятий;
- обучение специалистов применению АПК АСОНИКА;
- организацию и сопровождение ЦКП на других предприятиях.

Заключение

Российская школа математиков, физиков, материаловедов и инженеров ещё раз доказала неисчерпаемые возможности в разработке инновационных решений интеллектуализации труда инженеров – разработчиков новой техники с высокими надёжностными показателями. Разрабатываемый с 1985 года группой специалистов под руководством проф. Кофанова Ю.Н. и его последователями комплекс АСОНИКА, в настоящее время самый передовой комплекс проектирования высоконадёжной радиоэлектронной аппаратуры с применением принципов CALS – технологий. Весьма

перспективна комплексная система автоматизированного проектирования, обеспечения виртуализации испытаний и стойкости к воздействию дестабилизирующих факторов РЭА, в том числе при её эксплуатации.

Литература

1. Автоматизация проектирования и моделирования печатных узлов электронной аппаратуры: Научное издание/ Ю.Н. Кофанов, Н.В. Малютин, А.В. Сарафанов и др.– М.: Радио и связь, 2000 г.
2. Автоматизация проектных исследований надежности радиоэлектронной аппаратуры: Научное издание/ В.В. Жаднов, Ю.Н. Кофанов, Н.В. Малютин и др. – М.: Радио и связь, 2003 г.
3. Автоматизированная система АСОНИКА для проектирования высоконадежных радиоэлектронных средств на принципах CALS-технологий. Том 1/Под ред. Кофанова Ю.Н., Малютина Н.В., Шалумова А.С. – М.: Энергоатомиздат, 2007.

Hardware-software-aided design, hardware virtualization tests and resistance to destabilizing factors in the operation of radio-electronic equipment

© Authors, 2011

N.V. Malyutin

O.Y. Martunov

A.S. Shalumov

Y.N. Kofanov

In this paper the design and testing of radio-electronic equipment (REE). The traditional technology of creation of radio-electronic devices includes a large amount of field testing models and prototypes, but does not guarantee a positive result because of the inability of the complex influences of destabilizing factors. The solution to this problem provides design technology, which provides creating an electronic layout of electronic device and conduct virtual testing, including the complex effects of destabilizing factors, such as electromagnetic compatibility, thermal and mechanical, radiation, electric conditions and other factors. Also describes the whole system ASONIKA, based on the principles of CALS-technologies and its development prospects.