

**Автоматизированная система обеспечения надежности и качества  
аппаратуры АСОНИКА.**

**Интеграция программных продуктов ANSYS и АСОНИКА для решения  
задач моделирования физических процессов при проектировании  
радиоэлектронных средств**

© Авторы, 2013

**А.С. Шалумов**

*Генеральный директор ООО «НИИ «АСОНИКА», доктор технических наук, профессор,  
академик Международной академии информатизации, лауреат премии Правительства  
РФ в области науки и техники, заведующий кафедрой информационных технологий*

*Владимирского филиала РАНХиГС*

ALS140965@mail.ru

[www.asonika.com](http://www.asonika.com)

**Н.А. Шалумова**

*Кандидат технических наук, доцент кафедры информационных технологий*

*Владимирского филиала РАНХиГС*

**М.В. Тихомиров**

*Кандидат технических наук, старший научный сотрудник ООО «НИИ «АСОНИКА»*

**И.С. Урюпин**

*Младший научный сотрудник ООО «НИИ «АСОНИКА»*

---

В статье рассматриваются итоги и перспективы развития автоматизированной системы обеспечения надежности и качества аппаратуры АСОНИКА, а также интеграция с системой ANSYS

**Ключевые слова:** радиоэлектронное средство, моделирование, электрорадиоизделие, механические воздействия, тепловые воздействия

In article results and prospects of development of the automated system of maintenance of reliability and quality of equipment ASONIKA, and also integration with system ANSYS are considered

**Keywords:** radioelectronic means, modelling, electronic component, mechanical influences, thermal influences

С помощью автоматизированной системы обеспечения надёжности и качества аппаратуры (АСОНИКА) осуществляется автоматизированное проектирование и комплексное компьютерное моделирование высоконадежных радиоэлектронных средств (РЭС) подвижных объектов в соответствии с требованиями CALS-технологий на этапах проектирование-производство-эксплуатация [1 – 4].

Эксплуатация бортовых РЭС характеризуется воздействием на нее совокупности жестких внешних факторов, которые действуют одновременно, что приводит к отказам системного характера. Такие отказы трудно выявить при испытаниях, так как нет стендов, которые позволяли бы комплексно воспроизвести одновременно электрические процессы функционирования, сопутствующие тепловые, механические, аэродинамические, радиационные и другие внешние воздействия, технологические явления случайных разбросов параметров, старение, коррозию и другие деградиционные факторы. Проблема осложняется тем, что современные РЭС включают в себя сложные микроэлектронные изделия, обладающие определенными физико-технологическими особенностями, которые также должны быть учтены при комплексном математическом моделировании. Все эти факторы и явления в совокупном взаимосвязанном своем проявлении обязательно должны быть правильно учтены при схемно-конструкторско-технологическом проектировании, что можно выполнить только с помощью ЭВМ. В этом случае действительно могут быть заранее выявлены и устранены причины системных отказов и обеспечены высокие показатели надежности РЭС.

Система АСОНИКА предназначена для решения 4 основных проблем, существующих при разработке современных РЭС:

1) проблемы предотвращения возможных отказов при эксплуатации на ранних этапах проектирования за счет комплексного моделирования разнородных физических процессов;

2) проблемы обеспечения безопасности человека при полетах на самолетах (предотвращения авиакатастроф) за счет комплексного

автоматизированного анализа системы управления самолетом на основе созданной электронной модели при всех видах внешних дестабилизирующих факторах, в том числе в критических режимах;

3) проблемы сокращения сроков и затрат на проектирование за счет доступности разработчику аппаратуры предлагаемых программных средств и адекватности результатов моделирования;

4) проблемы автоматизации документооборота и создания электронной модели изделия за счет интеграции предлагаемых программных средств в рамках PDM-системы хранения и управления инженерными данными и жизненным циклом изделия (аппаратуры).

АСОНИКА - это первая российская автоматизированная система комплексного моделирования физических процессов в электронной аппаратуре, которая рекомендуется для замены испытаний электронной аппаратуры моделированием на ранних этапах проектирования, что позволяет создавать конкурентоспособную аппаратуру в минимальные сроки и с минимальными затратами.

Разработчиком системы АСОНИКА является «Научная школа моделирования, информационных технологий и автоматизированных систем». Основателем и руководителем научной школы является профессор Шалумов А.С. Основной принцип научной школы - Единство 4-х составляющих: Образование – Наука – Производство – Бизнес. Научной школой выпущено более 300 монографий, учебных пособий и статей.

На территории РФ система АСОНИКА аналогов не имеет. По зарубежным аналогам информация в открытой печати отсутствует.

Система АСОНИКА внедрена на многих российских предприятиях, разрабатывающих электронную аппаратуру. Применение системы АСОНИКА при проектировании и при технической экспертизе опытных образцов радиоэлектронных средств позволило снизить трудоёмкость проведения проектных исследований (в отдельных случаях до 35-40 %), повысить качество разрабатываемых образцов (прежде всего – их

надёжности за счет своевременного выявления и устранения предпосылок к отказам, связанных с нерациональными схемными и конструктивными решениями), сэкономить средства за счёт сокращения объёмов работ по созданию и исследованию макетов, уменьшить объёмы всех видов испытаний (на 10-15%).

Методологической основой для решения поставленных задач являются разработанные научные положения теории математического моделирования полей и процессов различной физической природы, взаимодействующих друг с другом в единой неоднородной среде, и системные методы теории чувствительности.

В рамках автоматизированной системы АСОНИКА реализуется специальный программный комплекс, который создает структуру электронного (виртуального) макета разрабатываемого РЭС, наполняет данную структуру результатами работы проблемных подсистем системы (подсистемы позволяют моделировать тепловые и механические процессы в аппаратуре, анализ показателей надежности, а также позволяют интегрироваться с известными системами топологического проектирования печатных плат и известными САД-системами).

Программный комплекс управляет процессом отображения результатов модельных экспериментов на геометрической модели, входящей в состав электронного макета, а также преобразует электронный макет после его обработки в формат стандарта ISO 10303 STEP. Данные, входящие в электронный макет, используются на последующих стадиях жизненного цикла РЭС.

В настоящее время система АСОНИКА состоит из 13-и подсистем:

- **АСОНИКА-Т:** анализ и обеспечение тепловых характеристик конструкций аппаратуры
- **АСОНИКА-М:** анализ типовых конструкций блоков радиоэлектронных средств на механические воздействия

- **АСОНИКА-М-ШКАФ:** анализ типовых конструкций шкафов и стоек радиоэлектронных средств на механические воздействия
- **АСОНИКА-М-3D:** анализ и обеспечение стойкости произвольных объемных конструкций радиоэлектронных средств, созданных в системах ProEngineer, SolidWorks и других САД-системах в форматах IGES и SAT, к механическим воздействиям
- **АСОНИКА-ИД:** идентификация физико-механических и теплофизических параметров моделей РЭС
- **АСОНИКА-В:** анализ и обеспечение стойкости к механическим воздействиям конструкций радиоэлектронных средств, установленных на виброизоляторах
- **АСОНИКА-ТМ:** анализ конструкций печатных узлов радиоэлектронных средств на тепловые и механические воздействия
- **АСОНИКА-Р:** автоматизированное заполнение карт рабочих режимов электрорадиоизделий
- **АСОНИКА-Б:** анализ показателей безотказности радиоэлектронных средств с учетом реальных режимов работы электрорадиоизделий
- **АСОНИКА-УСТ:** анализ усталостной прочности конструкций печатных плат и электрорадиоизделий при механических воздействиях
- **АСОНИКА-ЭМС:** анализ и обеспечение электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств
- **АСОНИКА-БД:** справочная база данных электрорадиоизделий и материалов по геометрическим, физико-механическим, теплофизическим, электрическим и надежности параметрам
- **АСОНИКА-УМ:** управление моделированием радиоэлектронных средств при проектировании

Система АСОНИКА включает в себя следующие **конверторы с известными САПР:**

- модуль интеграции систем проектирования печатных узлов PCAD, Mentor Graphics, Altium Designere, OrCAD и подсистемы АСОНИКА-ТМ;

- модуль интеграции 3-D модели, созданной в системах ProEngineer, SolidWorks, Inventor и других в форматах IGES и SAT и подсистемы АСОНИКА-М-3D.

***Предлагается:***

1. Внедрение системы АСОНИКА на предприятиях электронной промышленности и в высших учебных заведениях РФ.

2. Оказание консалтинговых услуг предприятиям электронной промышленности РФ по моделированию электронной аппаратуры на внешние механические, тепловые, электромагнитные и другие воздействия с помощью системы АСОНИКА.

3. Организация обучения российских специалистов работе с системой АСОНИКА.

Ведется разработка подсистемы радиационной стойкости РЭС АСОНИКА-РАД.

Структура автоматизированной системы АСОНИКА (рис.1) предусматривает, что в процессе проектирования, в соответствии с требованиями САЛS-технологий, на базе подсистемы управления данными при моделировании АСОНИКА-УМ (PDM-системы) и с использованием подсистем моделирования происходит формирование электронной модели изделия.

С помощью специального графического редактора вводится электрическая схема, которая сохраняется в базе данных проектов в подсистеме АСОНИКА-УМ и передается в виде файла в системы анализа электрических схем PSpice, Mentor Graphics и Altium Designer и в системы размещения и трассировки печатных плат PCAD, Mentor Graphics и Altium

Designer. Выходные файлы системы PCAD в формате PDIF и Mentor Graphics и Altium Designer в формате IDF сохраняются в подсистеме АСОНИКА-УМ, а также передаются в системы AUTOCAD, КОМПАС, ProEngineer, SolidWorks, Inventor, T-FLEX для создания чертежей и сохраняются в подсистеме АСОНИКА-УМ. В подсистему АСОНИКА-УМ также передаются 3-D модели шкафов и блоков РЭС, созданные в системах КОМПАС, ProEngineer, SolidWorks, Inventor, T-FLEX в форматах IGES и SAT, которые передаются из нее в подсистемы АСОНИКА-М, АСОНИКА-М-ШКАФ, АСОНИКА-М-3D и АСОНИКА-В (1) для анализа механических процессов в шкафах и блоках РЭС, в подсистему АСОНИКА-Т (3) для анализа тепловых процессов в шкафах и блоках РЭС. Полученные в результате моделирования напряжения, перемещения, ускорения и температуры в конструкциях шкафов и блоков сохраняются в подсистеме АСОНИКА-УМ (2, 4). Чертежи печатных узлов (ПУ) и спецификации к ним, а также файлы в форматах PDIF и IDF передаются из подсистемы АСОНИКА-УМ в подсистему АСОНИКА-ТМ (5) для комплексного анализа тепловых и механических процессов в ПУ. Кроме того, передаются температуры воздуха в узлах, полученные в подсистеме АСОНИКА-Т, а также ускорения опор, полученные в подсистеме АСОНИКА-М (6). Полученные в результате моделирования температуры и ускорения ЭРИ сохраняются в подсистеме АСОНИКА-УМ (7). Перечень ЭРИ (8), файлы с электрическими характеристиками ЭРИ (9), температурами и ускорениями ЭРИ (10), результаты электромагнитного (15) и радиационного (16) анализа, полученные в подсистемах АСОНИКА-ЭМС и АСОНИКА-РАД, передаются из подсистемы АСОНИКА-УМ в подсистему анализа показателей надежности РЭС АСОНИКА-Б. Полученные в результате показатели надежности РЭС сохраняются в подсистеме АСОНИКА-УМ (11). Перечень ЭРИ, файлы с электрическими характеристиками ЭРИ (12), температурами и ускорениями ЭРИ (13) передаются из подсистемы АСОНИКА-УМ в подсистему формирования карт рабочих режимов ЭРИ АСОНИКА-Р.

Полученные в результате карты рабочих режимов сохраняются в подсистеме АСОНИКА-УМ (14). Необходимые для моделирования механических процессов физико-механические параметры – модуль упругости, коэффициент Пуассона, коэффициент механических потерь (КМП) в начальной точке и коэффициент зависимости КМП от механического напряжения – определяются с помощью подсистемы АСОНИКА-ИД и затем записываются в АСОНИКА-БД (17). Данные параметры передаются через подсистему АСОНИКА-УМ (18) в следующие подсистемы: АСОНИКА-М, АСОНИКА-М-ШКАФ, АСОНИКА-М-3D, АСОНИКА-ТМ.

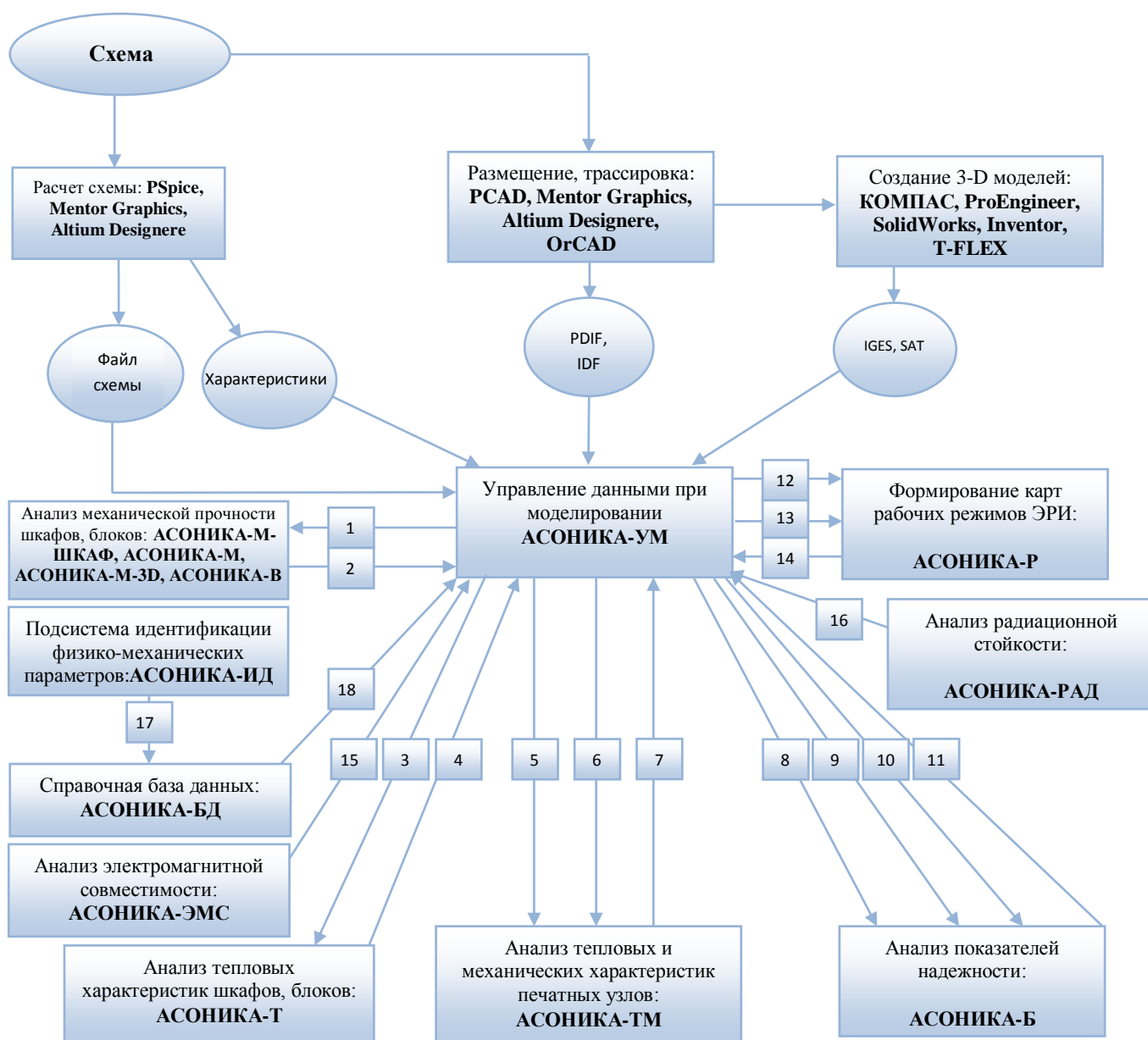


Рис.1. Структура автоматизированной системы АСОНИКА



Система ориентирована на разработчика РЭС. С этой целью в подсистемах АСОНИКА-М, АСОНИКА-М-ШКАФ и АСОНИКА-ТМ разработаны специальные интерфейсы для ввода типовых конструкций аппаратуры – шкафов, блоков, печатных узлов, что значительно упрощает анализ физических процессов в РЭС.

Если бы пользователь строил модель механических процессов сложного шкафа или блока (см. рис. 2, 3) в обычной конечно-элементной системе, ему бы пришлось вначале пройти специальное обучение и набраться опыта, что заняло бы примерно около года, а затем в течение нескольких часов вводить саму модель. В системе АСОНИКА не нужно проходить специального обучения, нужно просто вводить на доступном конструктору языке то, что представлено на чертеже. Ввод того же сложного шкафа может быть осуществлен в течение получаса.

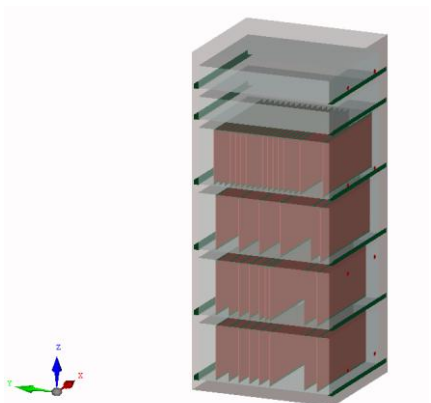


Рис.2. Модель конструкции 6-этажного шкафа (КБ ИГАС «Волна»), введенного в подсистеме АСОНИКА-М

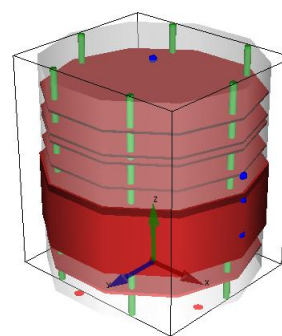


Рис.3. Модель конструкции блока цилиндрического типа (государственный НИИ приборостроения), введенного в подсистеме АСОНИКА-М

Таким образом, полноценный комплексный анализ шкафа на тепловые и механические воздействия вплоть до каждого ЭРИ (получаем ускорения и температуры на каждом элементе) может быть проведен в течение 1 дня.

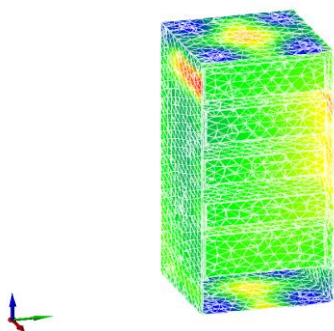


Рис.4. Максимальные значения напряжений [Па] в конструкции шкафа при воздействии механического удара одиночного действия

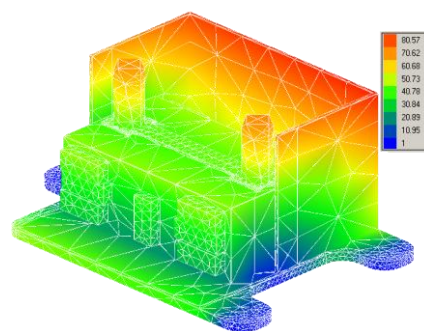


Рис.5. Ускорения и деформации участков конструкции блока, полученные в подсистеме АСОНИКА-М

**Подсистема АСОНИКА-М** позволяет анализировать блоки кассетного, этажерочного и цилиндрического типов, шкафы радиоэлектронных средств и проводить расчет на следующие виды механических воздействий:

- гармоническая вибрация;
- случайная вибрация;
- удар;
- линейное ускорение.

В результате моделирования могут быть получены:

- 1) зависимости ускорений от частоты и времени в контрольных точках и узлах конструкции;
- 2) перемещения, прогибы, ускорения и напряжения участков конструкции блоков и шкафов (рис.4, 5);
- 3) деформации блоков и шкафов (рис.5);
- 4) ускорения в местах крепления печатных узлов, необходимые для их дальнейшего анализа вплоть до каждого ЭРИ в подсистеме АСОНИКА-ТМ.

**Подсистема АСОНИКА-М-ШКАФ** предназначена для расчета механических характеристик типовых конструкций шкафов и стоек РЭС при

воздействии гармонической и случайной вибраций, одиночных и многократных ударов, линейных ускорений. Графический интерфейс ввода-вывода информации позволяет осуществить ввод конструкции по имеющемуся сборочному чертежу, а также отобразить результаты расчета механических характеристик конструкций. В качестве расчетного ядра используется ANSYS14. Реализована локальная база данных, содержащая физико-механические параметры конструкционных материалов, необходимые для расчета механических характеристик.

**Подсистема АСОНИКА-М-3D** предназначена для расчета механических характеристик произвольных объемных конструкций РЭС - шкафов, стоек, блоков и др. - при воздействии гармонической и случайной вибраций, одиночных и многократных ударов, линейных ускорений. Подсистема имеет конвертор из 3D-модели (форматы IGES, SAT), созданной в ProEngineer, SolidWorks, Autodesk Inventor. В качестве расчетного ядра используется ANSYS 14. Реализована локальная база данных, содержащая физико-механические параметры конструкционных материалов, необходимые для расчета механических характеристик.

**Подсистема АСОНИКА-ИД** предназначена для идентификации физико-механических и теплофизических параметров моделей РЭС и прежде всего: модуля упругости материала, коэффициента Пуассона материала; коэффициента механических потерь (КМП) в начальной точке; коэффициента зависимости КМП от механического напряжения.

**Подсистема АСОНИКА-В** предназначена для анализа механических характеристик конструкций шкафов, стоек и блоков РЭС, установленных на виброизоляторах, при воздействии гармонической вибрации, случайной вибрации, ударных нагрузок, линейного ускорения, при воздействии акустических шумов и для принятия решения на основе полученных механических характеристик с целью обеспечения стойкости аппаратуры при

механических воздействиях. Подсистема имеет специальный графический интерфейс ввода конструкции на виброизоляторах.

Подсистема позволяет осуществлять идентификацию параметров виброизоляторов, а также оптимизацию их параметров с целью снижения нагрузок на конструкцию. В результате моделирования могут быть получены зависимости ускорений конструкции на виброизоляторах от частоты и времени.

**Подсистема АСОНИКА-Т** позволяет анализировать следующие типы конструкций: микросборки, радиаторы и теплоотводящие основания, гибридно-интегральные модули, блоки этажерочной и кассетной конструкции, шкафы, стойки, а также произвольные конструкции РЭС.

Подсистема дает возможность провести анализ стационарного и нестационарного тепловых режимов аппаратуры, работающей при естественной и вынужденной конвекциях в воздушной среде, как при нормальном, так и при пониженном давлении.

При анализе произвольных конструкций определяются температуры выделенных изотермических объемов и выводятся графики зависимости температур от времени для нестационарного теплового режима.

**Подсистема АСОНИКА-ТМ** позволяет анализировать печатные узлы РЭС и проводить расчет:

1) стационарного и нестационарного тепловых режимов как при нормальном, так и при пониженном давлении;

2) на следующие виды механических воздействий:

- гармоническая вибрация;
- случайная вибрация;
- удар;
- линейное ускорение;

- акустический шум.

Подсистема имеет специальный графический интерфейс ввода конструкции печатного узла.

В результате моделирования могут быть получены:

- 1) зависимости ускорений от частоты и времени в контрольных точках конструкции;
- 2) максимальные температуры, ускорения и напряжений участков печатных узлов и электрорадиоизделий (рис. 7,8,9);
- 3) формы колебаний печатных узлов на собственных частотах;
- 4) карты тепловых и механических режимов электрорадиоизделий.

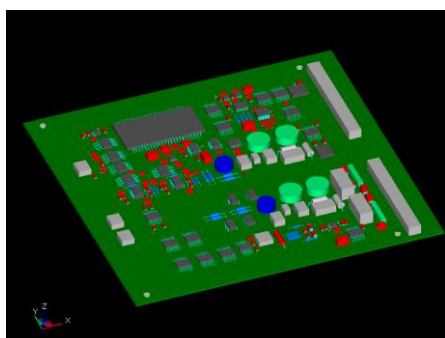


Рис.6. Эскиз печатного узла

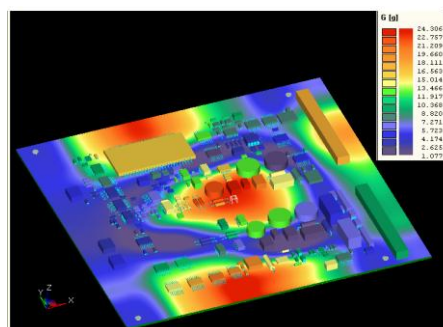


Рис.7. Поле ускорений на 1-й резонансной частоте при нормальной температуре

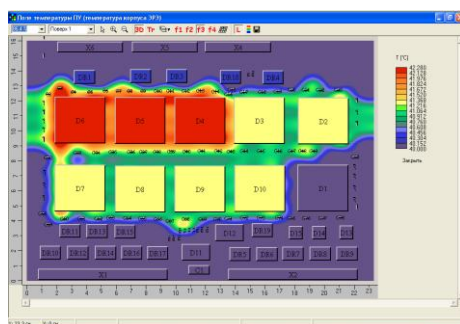


Рис.8. Поле температур в плате

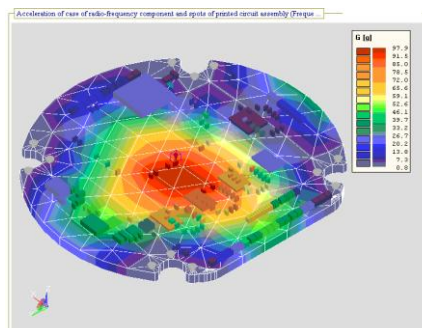


Рис.9. Поле ускорений на 1-й резонансной частоте с учетом температур

**Подсистема АСОНИКА-Р** позволяет осуществлять автоматическое заполнение карт рабочих режимов ЭРИ на основе перечня ЭРИ, введенного пользователем, и базы данных, содержащей предельно-допустимые значения параметров ЭРИ согласно техническим условиям, в том числе в виде графических и аналитических зависимостей. При этом перечень ЭРИ вводится как вручную, так и автоматически из файлов с перечнями. В процессе чтения перечня ЭРИ осуществляется проверка на их наличие в базе данных. В случае отличия записи ЭРИ в перечне и базе данных существует возможность назначить соответствие с целью выбора необходимого ЭРИ из имеющихся в базе данных. Значения параметров ЭРИ в схеме заполняются автоматически по результатам моделирования электрических, тепловых и механических характеристик. В результате применения подсистемы в процессе проектирования РЭС время, затрачиваемое на выпуск карт рабочих режимов ЭРИ, сокращается в несколько раз по сравнению с традиционным ручным заполнением карт режимов при существенном повышении достоверности получаемых результатов.

**Подсистема АСОНИКА-Б** позволяет анализировать шкафы, блоки, печатные узлы, ЭРИ и решать следующие задачи: 1) определение показателей безотказности всех ЭРИ; 2) обоснование необходимости и оценка эффективности резервирования РЭС. Подсистема поддерживает: 1) пассивное резервирование с неизменной нагрузкой; 2) активное нагруженное резервирование; 3) активное ненагруженное резервирование; 4) активное облегченное резервирование. В результате моделирования могут быть получены: эксплуатационные интенсивности отказов, вероятности безотказной работы и среднее время безотказной работы РЭС. Подсистема позволяет импортировать данные о составе конструкции из других САПР электроники. Подсистема позволяет импортировать тепловые и электрические характеристики ЭРИ из других подсистем системы АСОНИКА.

**Подсистема АСОНИКА-УСТ.** Рассчитывается время до усталостного разрушения печатных плат и электрорадиоизделий при воздействии гармонической вибрации, случайной вибрации, одиночных и многократных ударов (рис.10). Результаты моделирования содержат собственные формы и частоты печатных узлов, а также перемещения, напряжения и ускорения в узлах конструкции. В качестве расчетного ядра используется ANSYS 14. Все параметры ЭРИ и материалов считываются из АСОНИКА-БД. Все параметры печатного узла конвертируются из подсистемы АСОНИКА-ТМ. Подсистема имеет удобный пользовательский графический интерфейс ввода-вывода. Реализована локальная база данных, содержащая усталостные параметры конструкционных материалов.

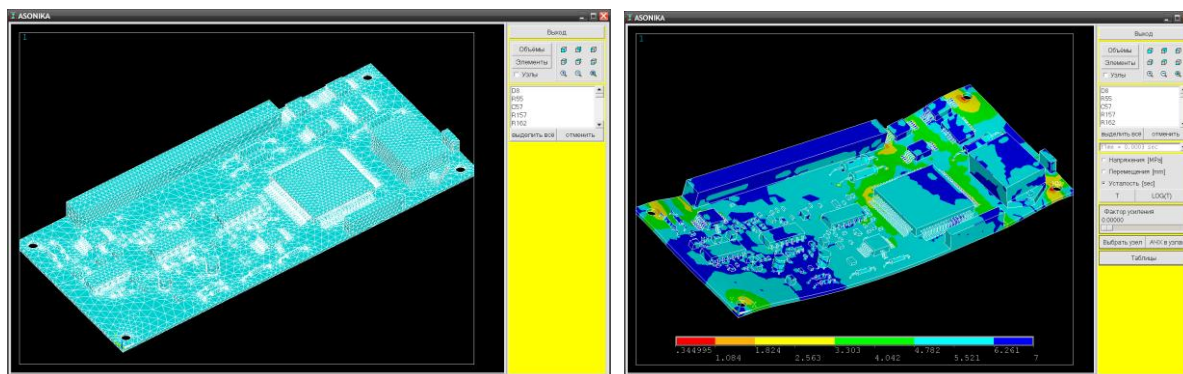


Рис.10. Фрагменты подсистемы АСОНИКА-УСТ

**Подсистема АСОНИКА-ЭМС** позволяет решать следующие задачи:

1) Расчет величин напряженности электрического и магнитного полей в трех измерениях внутри типового и произвольного корпуса электронного блока (импорт файлов моделей из CAD-систем в форматах IGES и SAT) при воздействии электромагнитных волн (рис.10);

2) Расчет эффективности экранирования электрического и магнитного полей корпусом типового и произвольного блока. В качестве расчетного ядра используется ANSOFT HFSS. Подсистема имеет удобный пользовательский графический интерфейс ввода-вывода. Реализована локальная база данных, содержащая электромагнитные параметры конструкционных материалов.

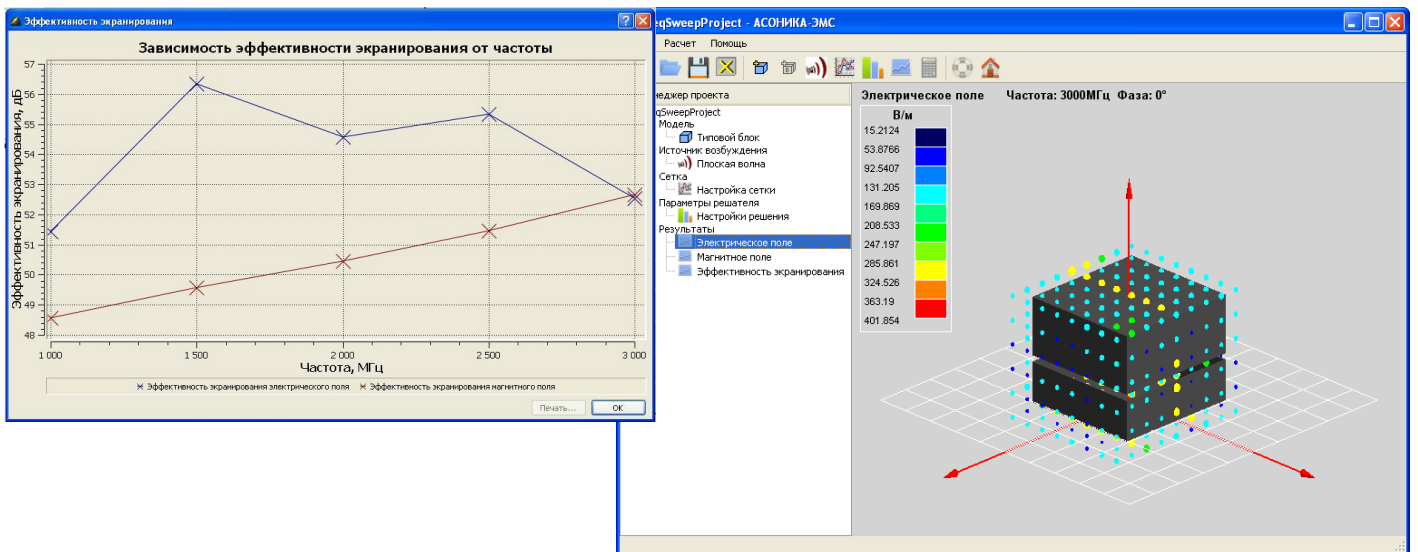
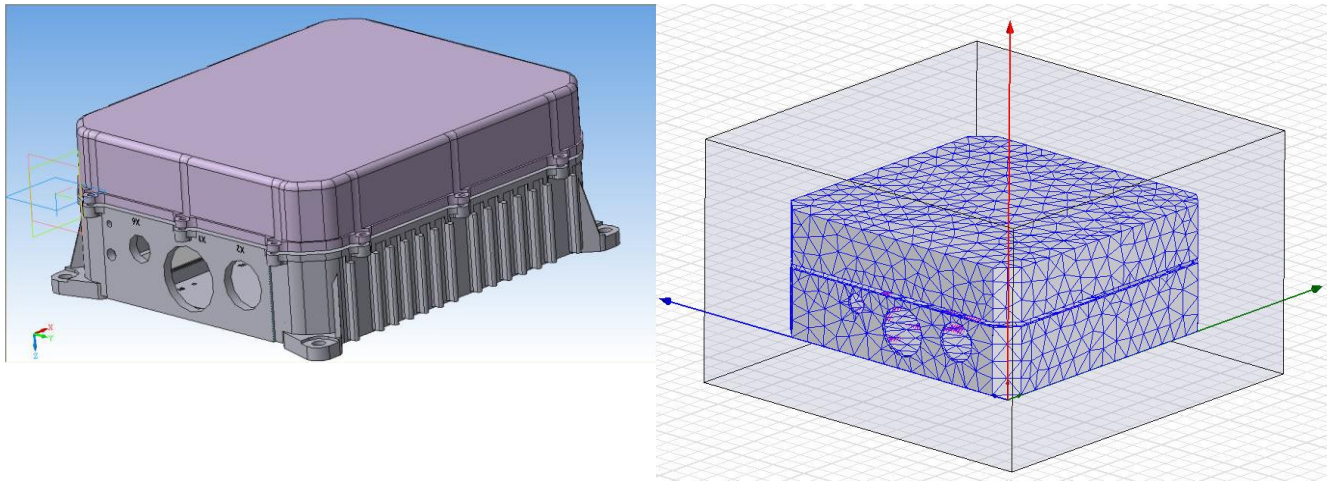


Рис.11. Фрагменты подсистемы АСОНИКА-ЭМС

**Подсистема АСОНИКА-БД** предоставляет информацию: 1) по параметрам материалов; 2) по параметрам ЭРИ. АСОНИКА-БД состоит из основных и дополнительных таблиц. Основные таблицы содержат следующую информацию (рис.12):

- 1) параметры материалов печатных узлов, несущих конструкций, выводов ЭРИ и лаков (клеев), применяемых при установки ЭРИ на печатную плату: механические, тепловые, допустимые, температурные зависимости;
- 2) оптические свойства материалов конструкций радиоэлектронных средств;
- 3) параметры ЭРИ: классы и группы ЭРИ; типы ЭРИ и технические



условия; полные условные записи ЭРИ; параметры, входящие в полную условную запись и их возможные значения; варианты установки ЭРИ на печатную плату; модели вариантов установки ЭРИ; геометрические, механические, тепловые, электрические, надежность, допустимые параметры ЭРИ; изображения ЭРИ на плоскости и в пространстве;

4) математические модели для расчета значений эксплуатационной интенсивности отказов ЭРИ и значения коэффициентов в модели надежности;

5) параметры виброизоляторов: коэффициенты жесткости, демпфирования и другие.

Создаются дополнительные таблицы. Дополнительные таблицы могут содержать числовые, строковые, логические, текстовые, графические и функциональные зависимости параметры ЭРИ.

The screenshot shows the 'АСОНИКА' software window with the title 'СФ-1-35' and subtitle 'Задайте параметры материала'. The interface includes input fields for 'Толщина, мм' (1.5) and 'Плотность, кг/м³' (1910). A 'Цвет' selection box is also present. Below these are tabs for 'Описание', 'Механические', 'Тепловые', 'Температурные зависимости', and 'Допустимые характеристики'. The 'Механические' tab is active, displaying a table of material properties with input fields and a 'Достоверность' (Reliability) column with checkboxes.

Параметр	Значение	Достоверность
Модуль упругости по оси OX, ГПа	16.9	<input checked="" type="checkbox"/>
Модуль упругости по оси OY, ГПа	16.9	<input checked="" type="checkbox"/>
Модуль упругости под углом 45°, ГПа	16.9	<input checked="" type="checkbox"/>
Коэффициент Пуассона по оси OX, отн. ед.	0.22	<input checked="" type="checkbox"/>
Коэффициент Пуассона по оси OY, отн. ед.	0.22	<input checked="" type="checkbox"/>
Коэффициент Пуассона под углом 45°, отн. ед.	0.22	<input checked="" type="checkbox"/>
Коэффициент механических потерь, отн. ед.	для вибрационных воздействий	0.002637 <input checked="" type="checkbox"/>
	для ударных воздействий	0.002637 <input type="checkbox"/>
Коэффициент зависимости коэффициента механических потерь от напряжения, 1/Па	для вибрационных воздействий	7.458E-10 <input checked="" type="checkbox"/>
	для ударных воздействий	7.458E-10 <input type="checkbox"/>
Коэффициент усталости	4	<input type="checkbox"/>

At the bottom of the window, there are three buttons: 'Применить' (Apply), 'Загрузить' (Load), and 'Закрыть' (Close).

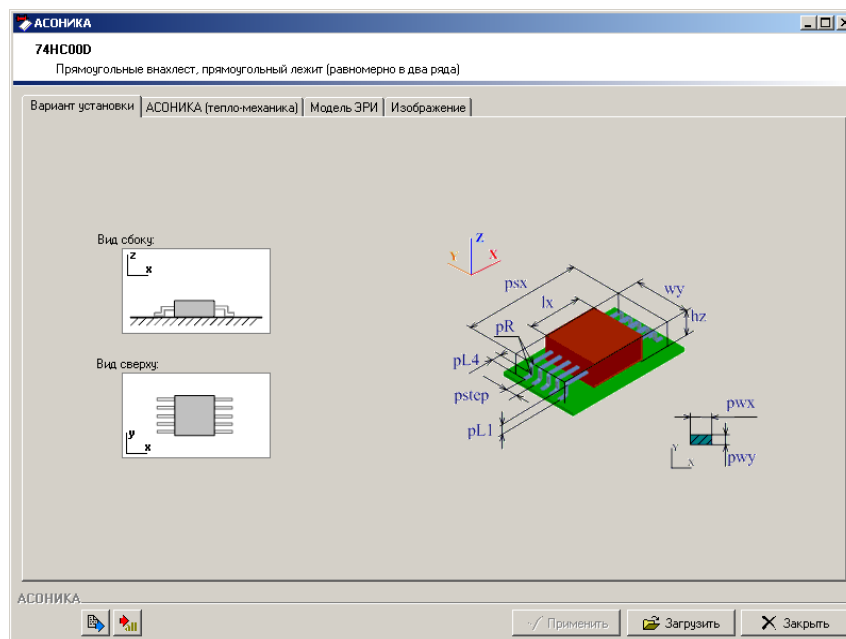


Рис.12. Фрагменты подсистемы АСОНИКА-БД

**Подсистема АСОНИКА-УМ** позволяет осуществить интеграцию САПР, внедрённых на предприятии - Pro/ENGINEER, SolidWorks, Inventor, Mentor Graphics, Altium Designere, OrCAD, АСОНИКА и др., и управлять передачей данных между подсистемами при моделировании в процессе конструкторского проектирования РЭС. Подсистема интегрируется с любой используемой на предприятии PDM-системой. В ходе проектирования подсистема позволяет сформировать комплексную электронную модель РЭС в рамках математических моделей тепловых, электрических, аэродинамических, механических процессов и математической модели надежности и качества РЭС.

Реализация описанной интеграции положила начало развитию и внедрению CALS-технологий на предприятиях радиоэлектронной и приборостроительной отраслей. Практические и инновационные результаты работы состоят в следующем. Интеграция программных продуктов позволяет осуществить сквозное автоматизированное проектирование РЭС на основе комплексного моделирования физических процессов. Язык интерфейса пользователя с программами является максимально приближенным к языку разработчика РЭС. На освоение предлагаемых программ требуется

сравнительно малое время. При их внедрении достигается достаточно высокая скорость решения задач моделирования и значительная экономия материальных средств за счет сокращения количества испытаний. Повышается надежность и качество РЭС, проектируемой на основе предлагаемой интегрированной САПР.

Информационная согласованность всей системы обеспечивается на уровне электронной модели РЭС, информация в которой представлена в виде совокупности информационных объектов и взаимосвязей между ними, регламентированных стандартом ISO 10303 STEP, при отсутствии дублирования информации. В этом случае существует необходимость только в интерфейсах между каждой отдельно взятой подсистемой и подсистемой АСОНИКА-УМ. Данные интерфейсы обеспечивают преобразование совокупности информационных объектов электронной модели РЭС, описывающих исходные данные для целевой подсистемы, в файлы проекта данной подсистемы и наоборот – преобразование файлов проекта исходной подсистемы в совокупность информационных объектов электронной модели РЭС и взаимосвязей между ними, регламентированных стандартом ISO 10303 STEP, обеспечивая однозначность представления информации в электронной модели РЭС.

Данное решение информационной согласованности обеспечивает гибкость структуры автоматизированной системы РЭС АСОНИКА. Таким образом, при осуществлении обновления, замены существующих подсистем и добавления новых подсистем в данную структуру необходимо провести изменения интерфейсов интеграции с подсистемой АСОНИКА-УМ только подсистем, подлежащих замене либо вводимых в состав структуры. Сложность интерфейсов определяется используемыми в качестве компонентов сквозной САПР РЭС программными системами.

Целью внедрения системы АСОНИКА является повышение эффективности работы структурных подразделений предприятия,

сокращение сроков проектирования и разработки наукоемких РЭС, повышение надежности разрабатываемых РЭС.

Внедрение данного программного комплекса позволяет получить значительную экономию материальных средств за счет сокращения количества испытаний при внедрении предлагаемого программного обеспечения.

Таким образом, результатом внедрения системы АСОНИКА станет переход на принципиально новый уровень информационных технологий, что позволит расширить номенклатуру выпускаемой продукции, сократить сроки выхода на рынок новых изделий, снизить брак и затраты на производство.

В настоящее время активно ведется работа по интеграции программных продуктов ANSYS и Ansys HFSS (компания «КАДФЕМ Си-Ай-Эс», г. Москва) и автоматизированной системы обеспечения надежности и качества аппаратуры АСОНИКА (компания «CALS-технологии» и «НИИ «АСОНИКА», Владимирская область, г. Ковров) для решения задач моделирования механических, тепловых, электромагнитных и других физических процессов в РЭС, в том числе военного назначения. При этом предполагается создание 2 версий интегрированного комплекса: версии для ПЭВМ и версии для супер-ЭВМ. В настоящее время уже имеется первый вариант версии для ПЭВМ. Работа проводится в соответствии с подписанными Протоколом и Планом действий по осуществлению сотрудничества ЗАО КАДФЕМ Си-Ай-Эс и ООО «CALS-технологии».

Программный комплекс ANSYS-АСОНИКА расширяет возможности ANSYS и Ansys HFSS для РЭС, позволив за счет интеграции специализированных под электронику пользовательских интерфейсов ввода-вывода системы АСОНИКА для блоков и шкафов РЭС и ANSYS и Ansys HFSS в роли расчетного ядра, а также за счет базы данных электрорадиоизделий (ЭРИ) и материалов системы АСОНИКА сделать задачу моделирования механических характеристик блоков и шкафов РЭС доступной для каждого разработчика (конструктора) РЭС. Кроме того,

программный комплекс включает подсистемы системы АСОНИКА, реализующие функции, отсутствующие в ANSYS, для реализации сквозного цикла проектирования РЭС с учетом внешних дестабилизирующих факторов. При этом основными такими функциями являются анализ систем виброизоляции РЭС, моделирование печатных узлов на тепловые и механические воздействия, создание карт рабочих режимов ЭРИ, анализ показателей надежности РЭС с учетом реальных режимов эксплуатации ЭРИ, база данных ЭРИ и материалов, стыковка с САПР проектирования печатных плат PSpice (OrCAD), Mentor Graphics и Altium Designere, создание электронных моделей РЭС, включающих модели физических процессов РЭС, и др.

Предлагаемая технология предназначена для применения в процессе проектирования РЭС и замены испытаний компьютерным моделированием на ранних этапах проектирования, что позволяет значительно сократить количество испытаний и возможных итераций при проектировании РЭС.

Система АСОНИКА достаточно давно используется в военно-промышленном комплексе РФ, а также в космической и авиационной промышленности. Имеется аттестат Министерства обороны РФ на систему АСОНИКА и лицензия Роскосмоса.

На территории РФ интегрированный комплекс ANSYS-АСОНИКА аналогов не имеет. По зарубежным аналогам информация в открытой печати отсутствует. Однако собственные маркетинговые исследования, проведенные на территории США, Индии и Республики Беларусь, подтвердили данные выводы.

Использование интегрированного комплекса ANSYS-АСОНИКА позволит предприятиям - заказчикам сократить сроки и повысить качество автоматизированного проектирования конструкций РЭС, отвечающих требованиям нормативно-технической документации по механическим, тепловым, электромагнитным, электрическим и надежностным характеристикам.

*Исследование осуществлено в рамках Программы фундаментальных исследований НИУ ВШЭ в 2013 году, при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, гранта Президента РФ для государственной поддержки молодых российских ученых № МК-7052.2012.8*

### **Литература:**

1. Шалумов А.С., Кофанов Ю.Н., Куликов О.Е., Травкин Д.Н., Соловьев Д.Б., Першин О.Е. Динамическое моделирование сложных радиоэлектронных систем // Динамика сложных систем. – 2011. - № 3. - С.51-59.
2. Чабриков С.В., Шалумов А.С., Шалумова Н.А. Расчет коэффициентов облученности и автоматизация построения тепловых моделей для типовых конструкций радиаторов в подсистеме анализа и обеспечения тепловых характеристик конструкций радиоэлектронных средств АСОНИКА-Т // Динамика сложных систем. – 2012. - № 2. - С.103-108.
3. Урюпин И.С., Шалумов А.С., Тихомиров М.В., Першин Е.О. Разработка алгоритма расчета надежности несущих конструкций изделий радиоэлектронной аппаратуры при механических воздействиях // Динамика сложных систем. – 2012. - № 3. - С.100-105.
4. Урюпин И.С., Шалумов А.С. Разработка методики подготовки данных к расчетам в программном комплексе АСОНИКА // Динамика сложных систем. – 2012. - № 4. - С.65-70.

**The automated system of maintenance of reliability and quality of equipment  
ASONIKA. Integration of software products ANSYS and ASONIKA for the  
decision of problems of modelling of physical processes at designing of  
radioelectronic means**

**© Authors, 2013**

**A.S. Shalumov**

**N.A. Shalumova**

**M.V. Tikhomirov**

**I.S. Uryupin**