

Виртуальные испытания микро- и наноэлектронных систем на внешние воздействия

А.С. Шалумов, Д.Н. Травкин, М.В. Тихомиров

Научно-исследовательский институт «АСОНИКА», г. Ковров, als@asonika-online.ru

Аннотация — В статье рассмотрено назначение виртуальных испытаний микро- и наноэлектронных систем и их оптимальное сочетание с натурными испытаниями. Представлены возможности Автоматизированной системы АСОНИКА, на базе которой проводятся виртуальные испытания на механические (вибрации, удары, линейные ускорения, акустические шумы), тепловые, электромагнитные воздействия.

Ключевые слова — виртуальные испытания, моделирование, ускорения, напряжения, температуры, усталостные разрушения.

Работу микро- и наноэлектронных систем (МЭС) значительно ухудшает воздействие вибраций, ударов, тепла, электромагнитных полей, радиации и т.д. Поэтому важным этапом создания МЭС являются её испытания на все эти воздействия.

В России существуют испытательные центры, позволяющие проводить подобные натурные испытания МЭС. Оптимальное сочетание натурных испытаний с виртуальными позволит повысить эффективность проектирования МЭС:

- обеспечить успешность прохождения натурных испытаний опытных образцов МЭС;
- сократить количество итераций по доработке МЭС по результатам натурных испытаний;
- обеспечить значительную экономию денежных средств и сокращение сроков создания МЭС при одновременном повышении качества и надежности за счет сокращения количества испытаний.

Назначение виртуальных испытаний:

- определить тепловые, механические и другие характеристики МЭС при внешних воздействующих факторах (ВВФ) на ранних этапах проектирования МЭС, когда еще не создан опытный образец МЭС, и обеспечить стойкость МЭС к ВВФ;
- добившись адекватности виртуальных и натурных испытаний путём идентификации параметров моделей МЭС, проверить работоспособность МЭС в критических режимах в условиях ВВФ.

Назначение натурных испытаний:

- провести анализ стойкости опытных образцов МЭС к ВВФ;

- получить для МЭС допустимые значения ускорений, температур и других характеристик;

- провести идентификацию параметров моделей МЭС, используемых при виртуальных испытаниях.

В 2018 году впервые в России создан Центр виртуальных испытаний МЭС «АСОНИКА» (г. Владимир), который базируется на российской Автоматизированной системе обеспечения надежности и качества аппаратуры (АСОНИКА), разработанной научным коллективом ООО «НИИ «АСОНИКА» [1] – [3]. Система АСОНИКА уже более 30-и лет применяется на многих российских предприятиях, прежде всего оборонной, космической и авиационной отраслей. Система аттестована Министерством обороны РФ, выпущены Руководящие документы военные. В рамках системы АСОНИКА создана связанная с моделирующими подсистемами база данных электрорадиоизделий и материалов по геометрическим, физико-механическим, усталостным, теплофизическим, электрическим, электромагнитным и надежностным параметрам.

Вышла в свет новая книга по системе АСОНИКА: «Опыт применения автоматизированной системы АСОНИКА в промышленности Российской Федерации» [4]. В монографии рассмотрено множество примеров, полученных в результате многолетнего (27 лет) применения системы АСОНИКА. Книгу можно скачать с сайта www.asonika-online.ru в разделе «Книги» по ссылке: <http://asonika-online.ru/books/>.

Технология на основе системы АСОНИКА – единственная в России, позволяющая осуществить сквозное проектирование высоконадежных МЭС космических, авиационных и других подвижных объектов с учетом внешних тепловых, механических, электромагнитных воздействий от технического задания и до изготовления опытного образца. Созданная электронная модель впервые позволит реализовать CALS-технологии в электронике на всех 11 стадиях жизненного цикла от маркетинговых исследований и до утилизации. Автоматизированная система АСОНИКА не имеет аналогов или сопоставимых прототипов в области моделирования высоконадежной электроники как в России, так и за рубежом.

Преимущества системы АСОНИКА:

1. Моделирование тепловых и механических, в том числе усталостных, процессов в интегральных микросхемах, в том числе на наноуровне.

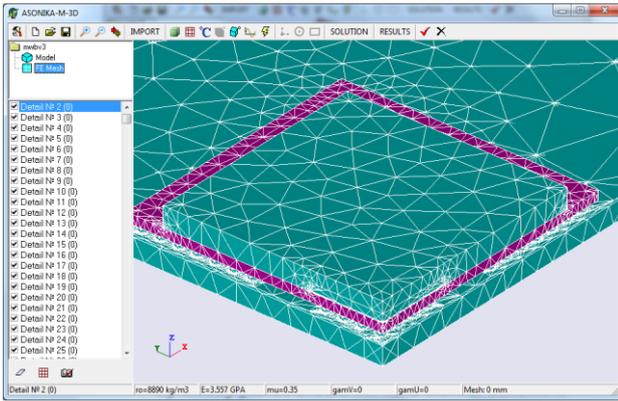


Рис. 1. Конечно-элементная сетка для интегральных микросхем

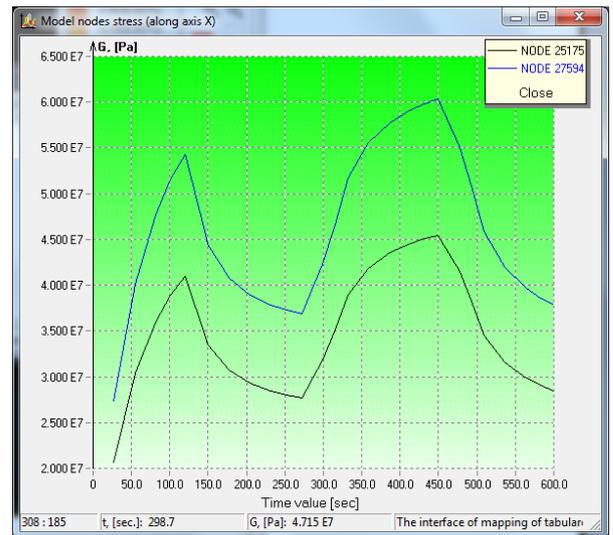
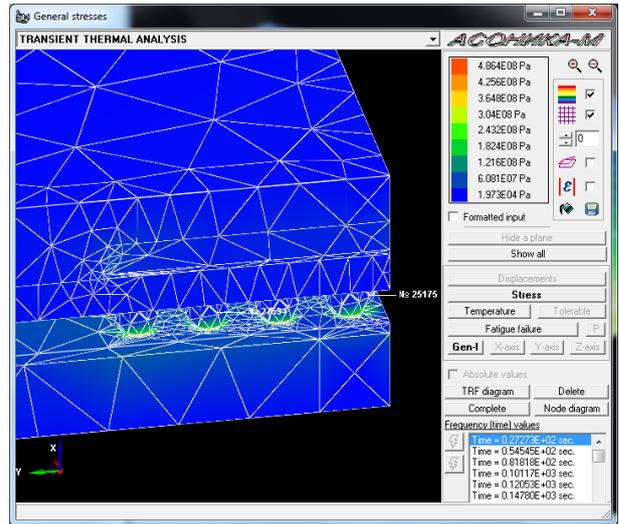


Рис. 3. Механические напряжения в интегральных микросхемах

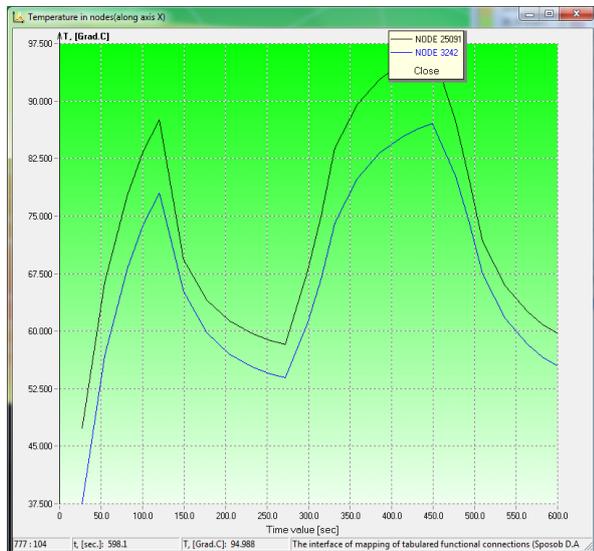


Рис. 2. Температурные зависимости для интегральных микросхем

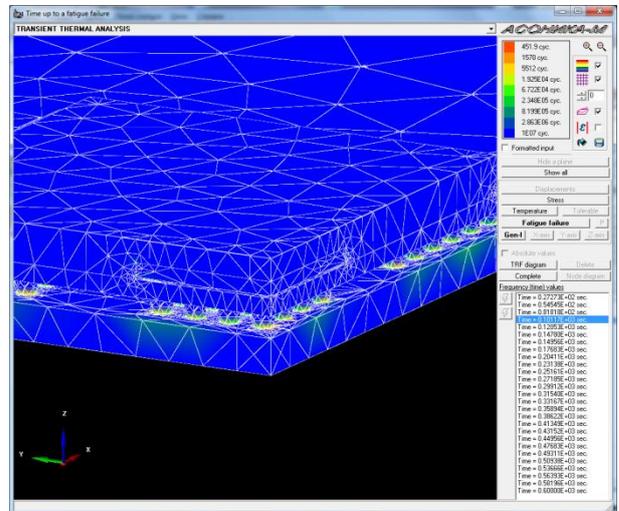


Рис. 4. Усталостные разрушения в интегральных микросхемах

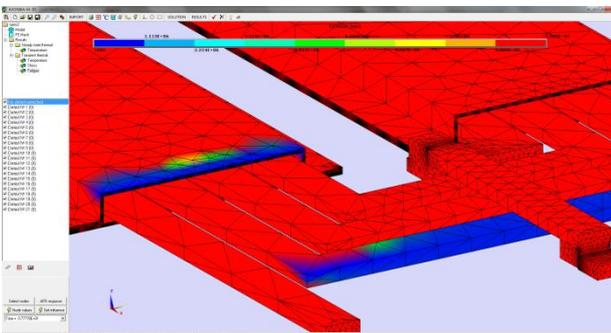
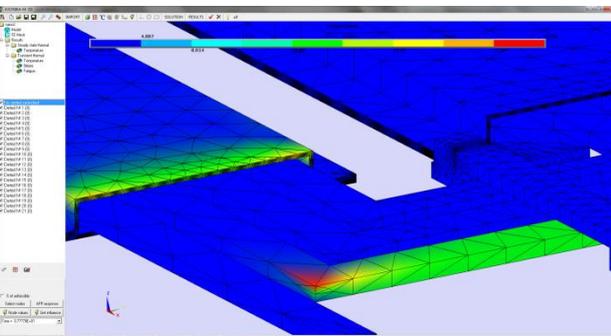
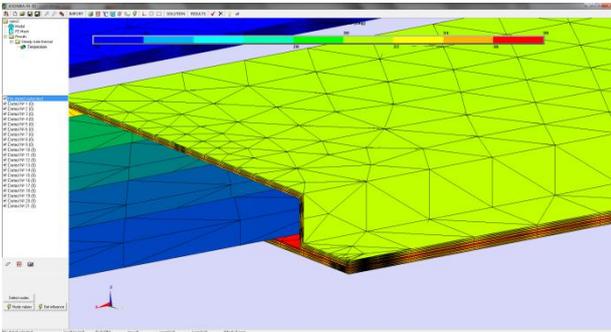
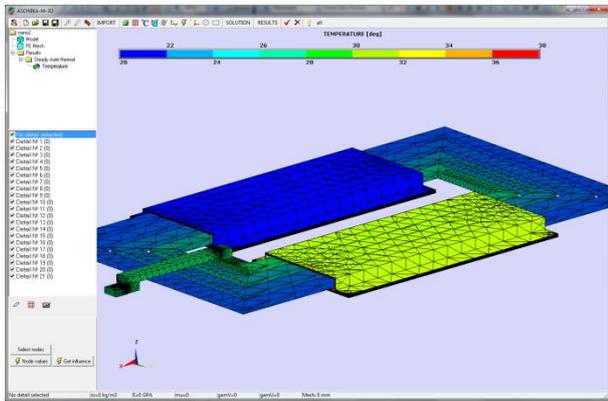


Рис. 5. Моделирование интегральных микросхем на наноуровне (25 нм)

2. В системе АСОНИКА созданы простые и интуитивно понятные интеллектуальные графические интерфейсы, состыкованные с базой данных материалов и электронных компонентов, содержащей геометрические, физико-механические, теплофизические и другие параметры, а также

допустимые значения характеристик, необходимые для принятия решения. При этом печатные узлы автоматически конвертируются из известных САПР: Mentor Graphics, Altium Designere, OrCAD и других - в формате IDF. Исключаются ошибки человеческого фактора при задании исходных данных. В отличие от систем ANSYS, NASTRAN, COSMOS, COMSOL и др., которые ничего этого не имеют, система АСОНИКА специализирована в области электроники и является инструментом разработчика электроники.

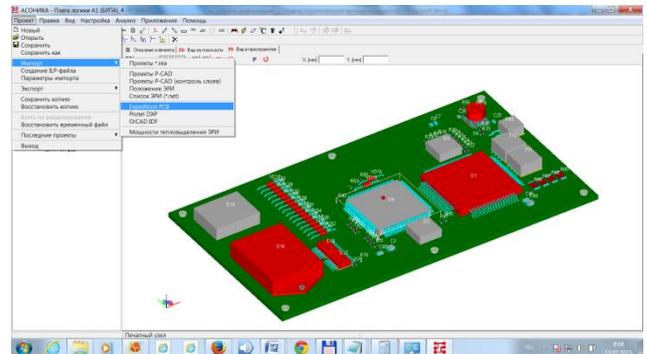


Рис. 6. Конвертирование печатных узлов из известных САПР: Mentor Graphics, Altium Designere, OrCAD и в других - в формате IDF (АСОНИКА-ТМ)

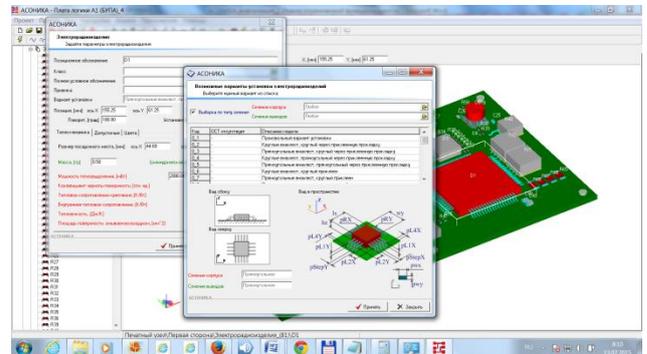


Рис. 7. База данных материалов и электронных компонентов (АСОНИКА-БД)

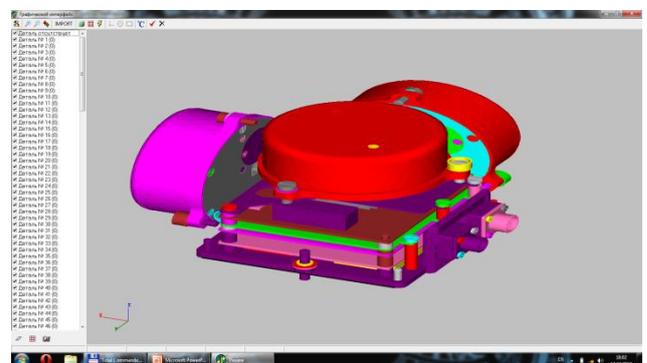


Рис. 8. Автоматическое конвертирование 3D-моделей произвольных конструкций электроники из известных САПР: ProEngineer, SolidWorks, Inventor и других - в форматах IGES и SAT, в том числе автоматические разбиение и построение сетки, а также склеивание моделей в местах стыковки деталей с разными шагами сетки (АСОНИКА-М-3D)

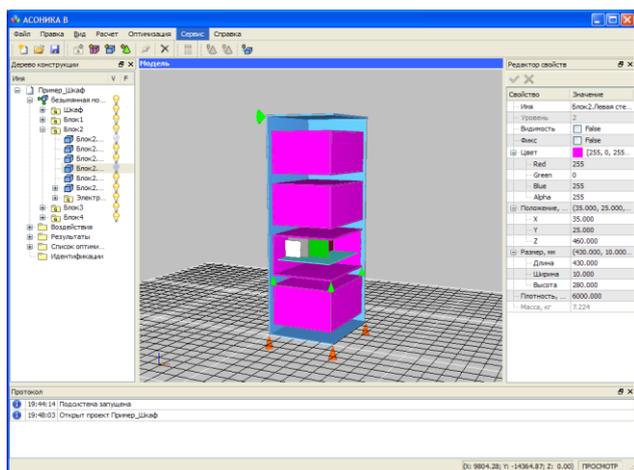
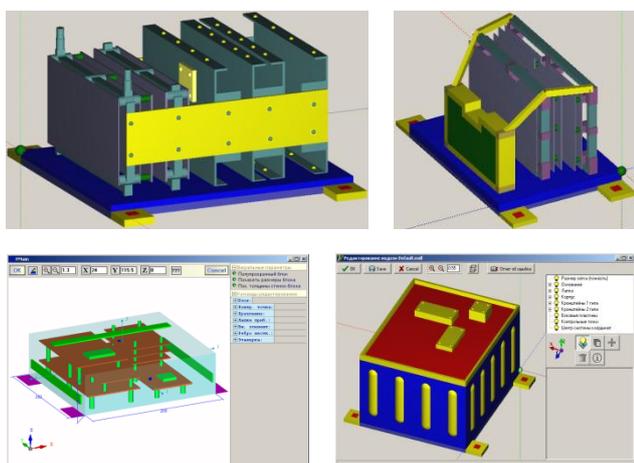
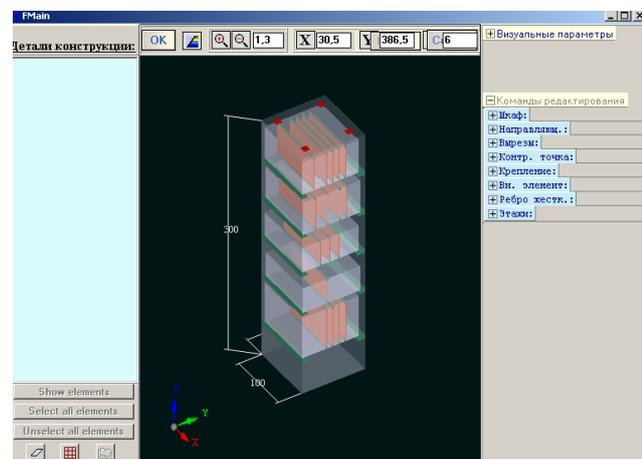


Рис. 9. Графический интерфейс для ввода типовых конструкций шкафов и блоков электроники, в том числе на виброизоляторах, включающий автоматическое разбиение и построение сетки, а также склеивание моделей в местах стыковки деталей с разными шагами сетки (АСОНИКА-М-ШКАФ, АСОНИКА-М, АСОНИКА-В)

3. Учтены особенности свойств материалов, применяемых в электронике, например, их нелинейные свойства, не свойственные другим изделиям, например, машиностроительным, для моделирования которых используются широко известные системы

ANSYS, NASTRAN, COSMOS, COMSOL и др., не учитывающие специфику электроники. Данная специфика выражается, например, в нелинейности демпфирующих свойств современных материалов. В системе АСОНИКА заложена зависимость демпфирования от механических напряжений, чего нет в известных системах. В связи с этим в известных системах невозможно точно определить ускорения электронных компонентов, особенно на резонансах. А для электронных компонентов это особенно важно, так как для них задаются допустимые ускорения при всех механических воздействиях, которые ни в коем случае нельзя превышать.

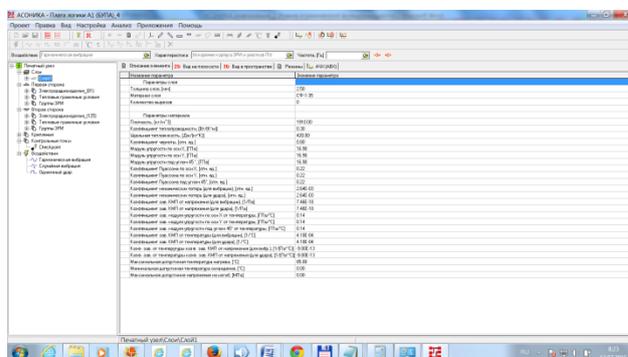


Рис. 10. Параметры материалов для учета зависимости демпфирования от механических напряжений (АСОНИКА-ТМ)

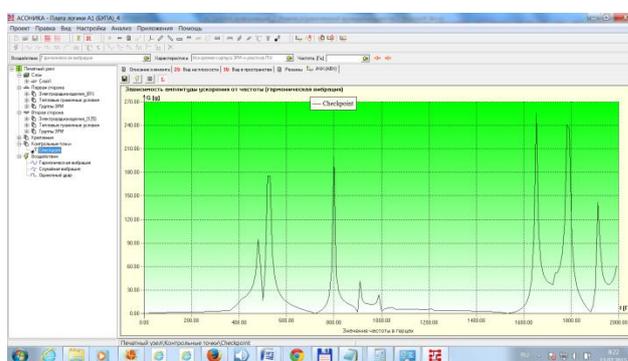


Рис. 11. Ускорения электронных компонентов, в том числе на резонансах, рассчитанные с учетом нелинейности демпфирующих свойств современных материалов (АСОНИКА-ТМ)

4. В системе АСОНИКА созданы простые и интуитивно понятные постпроцессоры, позволяющие в отличие от системы ANSYS и др. сразу определять все необходимые выходные тепловые, механические и другие характеристики, необходимые для принятия решения разработчиком электроники при проектировании.

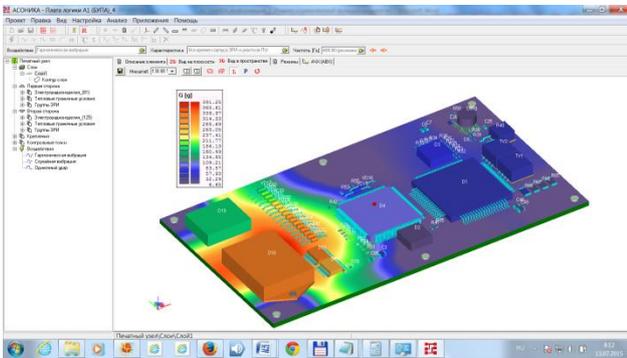
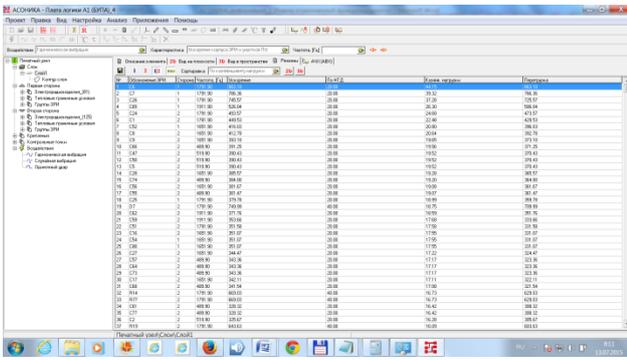


Рис. 12. Ускорения электронных компонентов в сравнении с допустимыми значениями, автоматически взятыми из базы данных (АСОНИКА-ТМ)

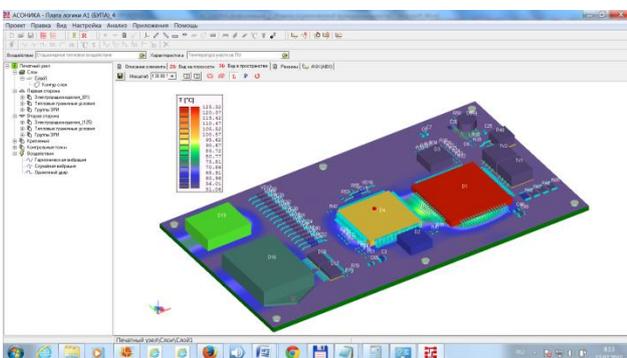
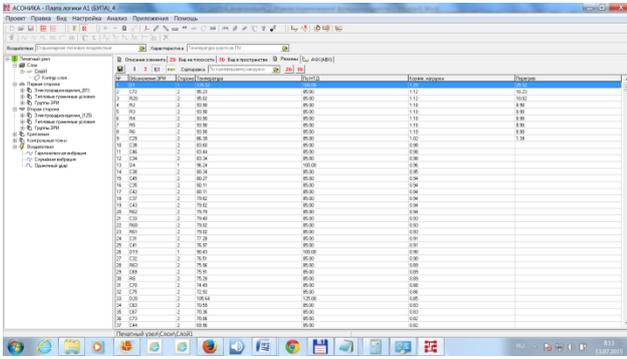


Рис. 13. Температуры электронных компонентов в сравнении с допустимыми значениями, автоматически взятыми из базы данных (АСОНИКА-ТМ)

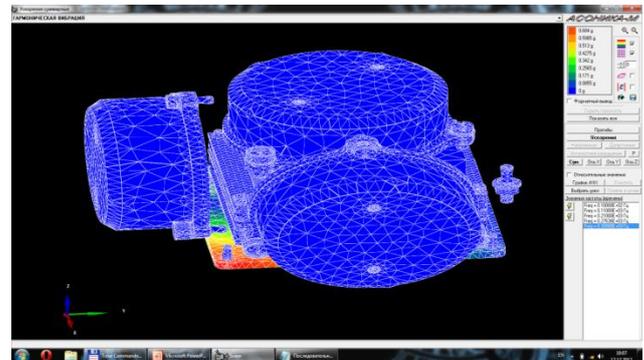


Рис. 14. Ускорения и механические напряжения в блоках (АСОНИКА-М-3D)

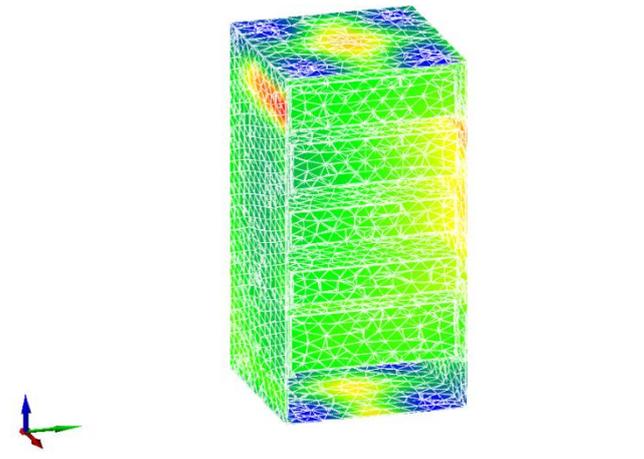


Рис. 15. Ускорения и механические напряжения в шкафах (АСОНИКА-М-ШКАФ)

5. В системе АСОНИКА в отличие от системы ANSYS и др. есть возможность идентификации физико-механических, теплофизических и других параметров, что крайне необходимо для обеспечения точности моделирования, так как многие параметры отсутствуют в справочниках.

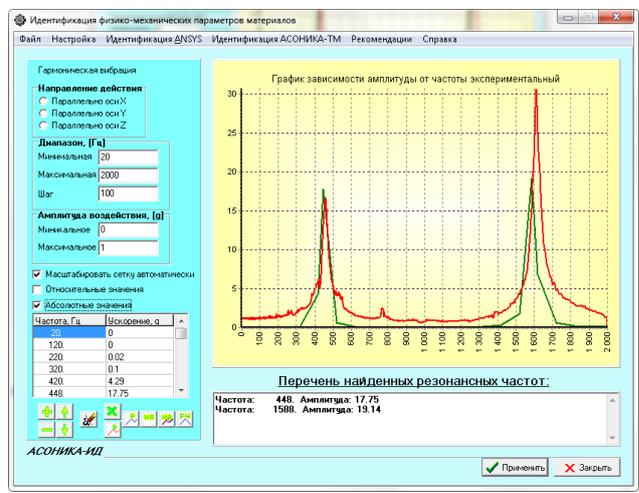


Рис. 16. Идентификация физико-механических параметров в подсистеме АСОНИКА-ИД

6. В системе АСОНИКА в отличие от системы ANSYS и др. есть возможность параметрической и структурной оптимизации конструкций на виброизоляторах в подсистеме АСОНИКА-В, что крайне необходимо для обеспечения стойкости аппаратуры к механическим воздействиям.

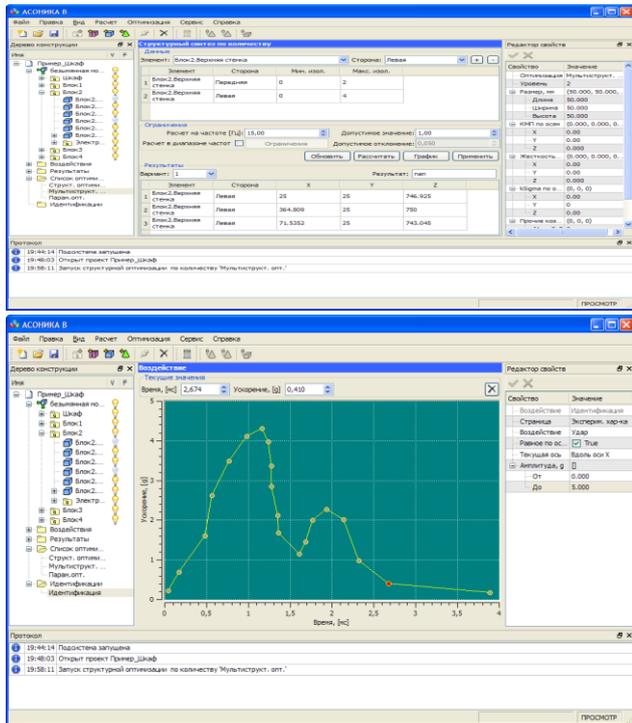


Рис. 17. Параметрическая и структурная оптимизация конструкций на виброизоляторах в подсистеме АСОНИКА-В

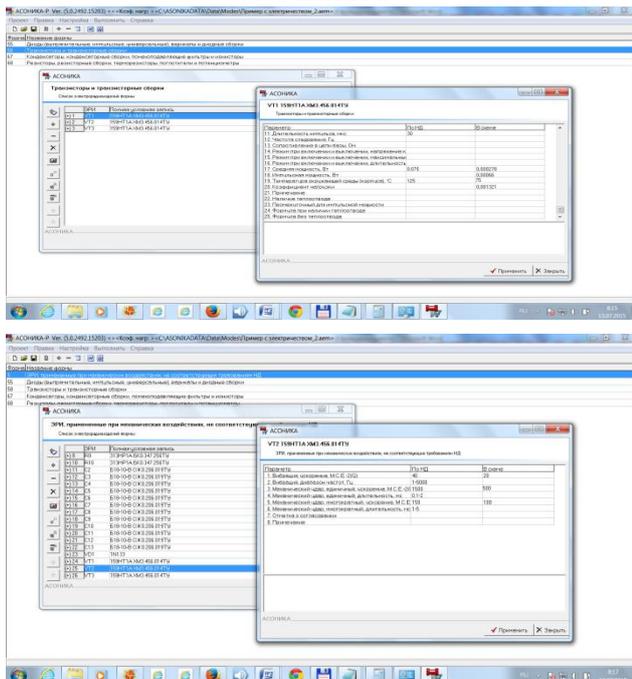


Рис. 18. Создание карт рабочих режимов электронных компонентов в подсистеме АСОНИКА-В

7. В системе АСОНИКА в отличие от системы ANSYS и др. есть возможность создания карт рабочих режимов электронных компонентов с учетом тепловых и механических характеристик, полученных в результате моделирования и автоматически передаваемых в подсистему АСОНИКА-Р.

8. В системе АСОНИКА в отличие от системы ANSYS и др. есть возможность анализа показателей надёжности электронных компонентов и аппаратуры в целом с учетом тепловых и механических характеристик, полученных в результате моделирования и автоматически передаваемых в подсистему АСОНИКА-Б.

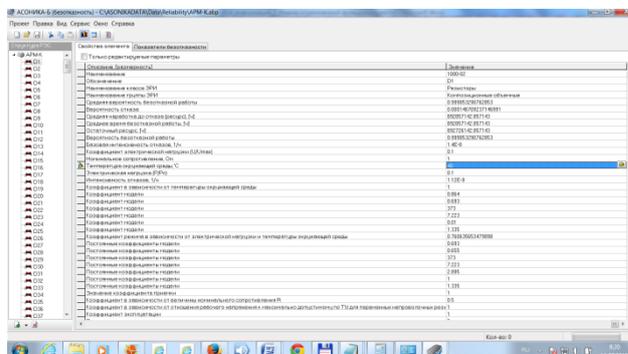


Рис. 19. Расчёт надёжности в подсистеме АСОНИКА-В

9. В системе АСОНИКА в отличие от системы ANSYS и др. создается электронная модель изделия в подсистеме АСОНИКА-УМ, необходимая для реализации CALS-технологий в электронике.

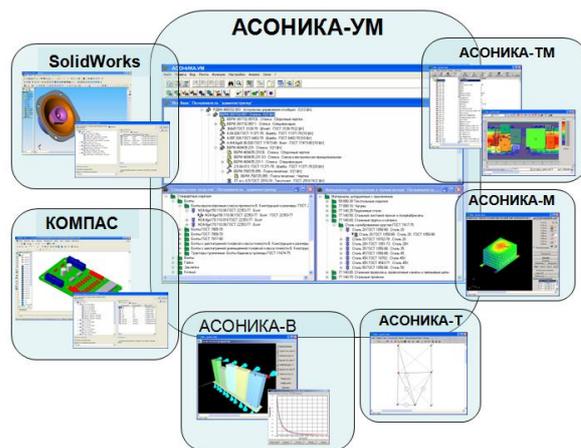


Рис. 20. Создание электронной модели изделия в подсистеме АСОНИКА-УМ

ЛИТЕРАТУРА

- [1] 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. 368 с.
- [2] Автоматизированная система АСОНИКА для моделирования физических процессов в радиоэлектронных средствах с учетом внешних

- воздействий / Под ред. А.С. Шалумова. М.: Радиотехника, 2013. 424 с.
- [3] Шалумов М.А., Шалумов А.С. Виртуальная среда проектирования РЭС на основе комплексного моделирования физических процессов. Владимир: Владимирский филиал РАНХиГС, 2016. 87 с.
- [4] Шалумов А.С., Шалумов М.А. Опыт применения автоматизированной системы АСОНИКА в промышленности Российской Федерации: монография. Владимир: Владимирский филиал РАНХиГС, 2017. 422 с.

Virtual Tests of Micro- and Nanoelectronic Systems on External Influences

A.S. Shalumov, D.N. Travkin, M.V. Tikhomirov

Scientific-research institute «ASONIKA», Kovrov, als@asonika-online.ru

Abstract — The article considers the purpose of virtual tests of micro- and nanoelectronic systems and their optimal combination with full-scale tests. The capabilities of the automated system ASONIKA are presented, on the basis of which virtual tests for mechanical (vibration, shock, linear accelerations, acoustic noises), thermal, electromagnetic effects are carried out. The technology based on the ASONIKA system is the only one in Russia that allows the end-to-end design of highly reliable MES of space, aviation and other mobile objects taking into account external thermal, mechanical, electromagnetic influences from the technical task and to the production of a prototype. The created electronic model for the first time will allow implement CALS-technology in electronics at all 11 stages of the life cycle from marketing research and to utilization. Automated system ASONIKA has no analogues or comparable prototypes in the field of modeling of highly reliable electronics both in Russia and abroad and has incomparable advantages in comparison with the well-known foreign systems ANSYS, NASTRAN, COSMOS, COMSOL, etc., which are discussed in detail in this article.

Keywords — virtual testing, simulation, acceleration, stress, temperature, fatigue failure.

REFERENCES

- [1] Automated system ASONIKA for the design of highly reliable radioelectronic facilities on the principles of CALS-technologies. Volume 1 / Ed. Kofanov Yu.N., Malyutin N.V., Shalumov A.S. Moscow: Energoatomizdat, 2007. 368 p.
- [2] Automated system ASONIKA for modeling of physical processes in radio-electronic means taking into account external influences / Ed. A.S. Shalumov. Moscow: Radio Engineering, 2013. 424 p.
- [3] Shalumov M.A., Shalumov A.S. Virtual environment for design of RES on the basis of complex modeling of physical processes. Vladimir: Vladimir Branch of the Russian Academy of Sciences, 2016. 87 p.
- [4] Shalumov A.S., Shalumov M.A. Experience of application of the automated system ASONIKA in the industry of the Russian Federation: monograph. Vladimir: Vladimir Branch of the Russian Academy of Science and Technology, 2017. 422 p.