

ДИНАМИКА СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

XXI ВЕК

№ 2, т. 6, 2012

Журнал включен в Перечень ВАК

Научная школа
«Моделирование, информационные технологии
и автоматизированные системы»

Владимирский филиал
Российской академии народного хозяйства и государственной службы
при Президенте РФ

Редактор выпуска: д.т.н., профессор А.С. Шалумов

СОДЕРЖАНИЕ

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ: Председатель совета директор Владимирского филиала Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ, к.ю.н. А.М. Наумов Члены редакционного совета к.э.н., доц. А.Е. Илларионов д.т.н., проф. А.С. Шалумов Главный редактор д.т.н., проф. А.С. Шалумов Заместитель главного редактора к.э.н., доц. А.Е. Илларионов Ответственный секретарь к.ю.н. Е.А. Лачина РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ: д.и.н., доц. А.Г. Аннин д.э.н., к.ф.н., доц. О.Б. Дигилина д.э.н., к.и.н., доц. В.В. Калмыков д.э.н., проф. В.А. Кретицин д.э.н., проф. Ю.Н. Лапыгин д.ю.н., проф. В.О. Миронов к.ю.н. Б.Н. Нескородов д.п.н., к.ф.н., проф. Е.А. Плеханов д.м.н., доц. И.А. Тогунов д.э.н., к.и.н., проф. К.В. Хартанович к.ю.н., доц. В.А. Чирикун Зав. редакцией Г.Н. Чернышева E-mail: info@radiotec.ru	От редактора выпуска Научная школа «Моделирование, информационные технологии и автоматизированные системы» (НШ МИТАС)	5 7
ДИНАМИКА СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ И ПРАВОВЫХ СИСТЕМ Основные этапы законодательного развития института уголовного преследования в России. Институт уголовного преследования в средневековой Руси Наумов А.М. Синергетический подход к управлению развитием социально-экономических систем Захаров П.Н. Оценка стратегических направлений реформы жилищно-коммунального хозяйства муниципального образования Захарова Ж.А. Общая характеристика управленческого потенциала бизнес-структур Лачина Т.А., Абдряштова А.И. Проблемы государственного финансового контроля за деятельностью государственных корпораций и государственных компаний Карпов Э.С. Управление реализацией комплексных инвестиционных планов Кретицин В.А., Мироедов А.А. Управление инновационным развитием: инновационный синергизм и инвестиции в будущее Лапыгин Ю.Н., Чижов А.В.		9 14 18 24 27 31 36

Менеджмент – управление рыночными социальными системами <i>Хартанович К.В.</i>	41
Индикаторы управления развитием социально-экономических систем <i>Лапыгин Ю.Н., Козлов Д.А.</i>	45
Управление социально-экономической системой <i>Хартанович К.В.</i>	51
Государственный аудит как функция управления <i>Чечеткин В.Д.</i>	54
Управление конкурентоспособностью <i>Корецкая Л.К.</i>	59
Команды стратегического управления <i>Корниенко В.И.</i>	62
Управление знаниями как фактором создания стоимости <i>Мартынова Д.Б., Г.В. Ульянов</i>	65
Роль рыночных механизмов в управлении развитием транспортной инфраструктуры муниципальных образований <i>Генералов Б.В., Ковалев С.В.</i>	69
Управление инновационным развитием системы дорог в регионе <i>Архипова В.Ф.</i>	75
Функции аппарата районного суда <i>Смирнова Е.В.</i>	79
ДИНАМИКА ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ	
Анализ корреляционных свойств многозначных M -последовательностей <i>Малиничев Д.М., Бойков В.В., Болнокин В.Е.</i>	83
Анализ характеристик модифицированного модульного алгоритма вычисления функции корреляции <i>Малиничев Д.М., Бойков В.В., Елисеенков А.В., Болнокин В.Е.</i>	86
Информационно-концептуальная модель данных автоматизированной системы управления моделированием <i>Соловкин А.А., Носков В.Н.</i>	89
Разработка методики повышения надежности несущих конструкций радиоэлектронной аппаратуры на этапе проектирования <i>Урюпин И.С., Шалумов А.С.</i>	92
Сравнительный анализ цифровых программируемых согласованных фильтров, реализующих модифицированный модульный алгоритм <i>Малиничев Д.М., Елисеенков А.В., Болнокин В.Е.</i>	101
Расчет коэффициентов облученности и автоматизация построения тепловых моделей для типовых конструкций радиаторов в подсистеме анализа и обеспечения тепловых характеристик конструкций радиоэлектронных средств АСОНИКА-Т <i>Чабриков С.В., Шалумов А.С., Шалумова Н.А.</i>	103
Методика автоматизированного синтеза конечно-элементных моделей конструкций, разработанных в CAD-системе «КОМПАС-3D» <i>Соловкин Д.А., Носков В.Н.</i>	109
Методы оценки и повышения надежности информационных сред промышленного предприятия <i>Ковшов Е.Е., Смирнов О.С.</i>	112
Стабилизация интервальных мехатронных систем методом форм <i>Стебулянин М.М.</i>	116
Применение методов виртуальной реальности в телевизионных системах наведения <i>Балашов В.Н., Горбачев К.А., Песоцкий М.В.</i>	123
Телевизионная система наведения для технологической установки электронно-лучевой сварки <i>Балашов В.Н., Горбачев К.А., Песоцкий М.В.</i>	126
Повышение точности наведения в телевизионных системах за счет учета аберраций объектива <i>Балашов В.Н.</i>	128

МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

Классический статистический анализ сложных динамических систем

Седнева Р. А., Миркин М. А.

130

О движении среды при экранированном вращении цилиндрического тела

Герасимов С. А.

138

Contents

From Editor

5

Scientific school Modeling, information technology and automation systems (SS MITAS)

7

DYNAMICS OF SOCIAL AND ECONOMIC SYSTEMS

The main stages of law development of institute criminal investigation in Russia.

Institute of criminal investigation in medieval Russia

Naumov A.M.

9

Sinergy approach to management of social and economic systems development

Zakharov P.N.

14

Estimation of strategic directions of reform municipal union's housing and communal services

Zakharova Z.A.

18

General characteristic of administrative potential of business structures

Lachinina T.A., Abdryashitova A.I.

24

Problems of state financial control of the activity of state corporations and companies

Karpov E.S.

27

Management of realization complex investment plans

Kretinin V.A., Miroedov A.A.

31

Management of innovative development: innovative синергизм and investments into the future

Lapygin Y.N., Chizhov A.V.

36

Management – operation by social system

Khartanovich K.V.

41

Indicators of management of development social and economic systems

Lapygin Y.N., Goats D.A.

45

Management of social and economic system

Khartanovich K.V.

51

The state audit as management function

Chechetkin V.D.

54

Management of competitiveness

Koretskaja L.K.

59

Commands of strategic management

Kornienko V.I.

62

Management of knowledge as the factor of creation of cost

Martynova D.B., Ulyanov G.V.

65

The role of market mechanisms in the development of transport infrastructure of municipalities

Generalov B.V., Kovalev S.V.

69

Management of innovative development systems of roads in region

Arhipova V.F.

75

Functions of the office of district court

Smirnova E.V.

79

DYNAMIC OF TECHNICAL SYSTEMS

Analysis of correlation properties of M-sequences based on multivalued alphabets

Malinichev D.M., Boykov V.V., Bolnokin V.E.

83

Analysis of characteristics the modified modular algorithm for calculation correlation function

Malinichev D.M., Boykov V.V., Eliseenkov A.V., Bolnokin V.E.

86

Informational-conceptual data model of the automated management system of simulation

Solovkin A.A., Noskov V.N.

89

Working out of a technique of increase of reliability of bearing constructions of radio-electronic equipment at a design stage Uryupin I.S., Shalunov A.S.	92
The comparative analysis the digital programmed coordinated filters, realizing modified modular algorithm Malinichev D.M., Eliseenkov A.V., Bolnokin V.E.	101
Subsystem of the analysis and maintenance of thermal characteristics of designs of radio-electronic means ASONIKA-T Chabrikov S.V., Shalunov A.S., Shalunova N.A.	103
Technique of the automated synthesis of finite-element models of designs, designed in a CAD-system «Compass-3D» Solovkin D.A., Noskov V.N.	109
Methods for evaluating and improving the reliability of the information environments of the industrial enterprise Kovshov E.E., Smirnov O.S.	112
Stabilization of interval mechatronic systems by the form method Stebulyanin M.M.	116
Application of virtual reality in television guidance systems Balashov V.N., Gorbachov R.A., Pesochi M.V.	123
The television guidance system for the process plant of electron beam welding Balashov V.N., Gorbachov R.A., Pesochi M.V.	126
Increased pointing accuracy in television systems by taking into account the aberrations of the lens Balashov V.N.	128
Methodology of complex systems investigation	
The classical statistical analysis of complex dynamic systems Sedneva R.A., Mirkin M.A.	130
On Motion of Medium at Screened Rotating of Cylindrical Body Gerasimov S.A.	138

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия под номером ПИ №ФС77-46207 от 17.08.2011 г.
Учредитель: ЗАО «Издательство «Радиотехника»



Издатель: ЗАО «САЙНС-ПРЕСС»

Сдано в набор 06.03.2012 г. Подписано в печать 04.04.2012 г. Формат 60 × 88 ¹/₈. Бумага офсетная. Гарнитура таймс. Печать офсетная. Печ. л. 17,75. Тираж 500 экз. Изд. № 108.
Адрес ЗАО «САЙНС-ПРЕСС»: 107031, Москва, К-31, ул. Рождественка, д. 6/9/20, стр. 1
Тел./факс: (495) 621-48-37, 625-78-72, 625-92-41
E-mail: info@radiotec.ru
[http:// www.radiotec.ru /](http://www.radiotec.ru/)
Компьютерная верстка и фотоформы ЗАО «САЙНС-ПРЕСС»
Отпечатано: ООО «Галлея-Принт». Тел.: (495) 673-57-85. Факс: (495) 777-81-28
E-mail: galleyaprint@gmail.ru <http://galleyaprint.ru>

© ЗАО «САЙНС-ПРЕСС», 2012
Копирование, тиражирование и перевод статей, включенных в журнал,
в электронном и любом другом виде – только с разрешения ЗАО «САЙНС-ПРЕСС»

Разработка методики повышения надежности несущих конструкций радиоэлектронной аппаратуры на этапе проектирования

© Авторы, 2011

И.С. Урюпин

аспирант при ОАО ЦНИТИ «Техномаш», ст. науч. сотрудник, начальник сектора моделирования РЭА, ОАО НПП «САПСАН»

E-mail: attract777@yandex.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 народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации

E-mail: ALS140965@mail.ru

В статье рассматриваются методики моделирования радиоэлектронной аппаратуры в подсистемах АСОНИКА-М и АСОНИКА-М-IGS, а также описан метод повышения надежности несущих конструкций радиоэлектронной аппаратуры. Приведены примеры.

Ключевые слова: модель, моделирование, механические воздействия, радиоэлектронная аппаратура, надежность, качество, несущие конструкции, система АСОНИКА, изделие.

In article techniques of modeling of radio-electronic equipment in subsystems of ASONIKA-M and ASONIKA-M-IGS are considered, and also the method of increase of reliability of bearing constructions of radio-electronic equipment is described. Examples are resulted.

Keywords: model, modeling, mechanical influences, radio-electronic equipment, reliability, the quality, bearing constructions, system АСОНИКА, item.

Механические воздействия вызывают от 30 до 50 % отказов радиоэлектронной аппаратуры (РЭА). Подавляющее большинство отказов связано с выходом параметров, за пределы, установленные нормативно-технической документацией (НТД). Под

параметрами подразумеваются такие механические характеристики конструкций РЭА, как ускорения, напряжения и перемещения. В результате механических воздействий возможны нарушения требований прочности и, соответственно, требований надежности несущей конструкции изделия (блоки, шкафы РЭА), самих элементов изделия, так и их креплений и соединений. Например, плохие пайки разрушаются и нарушается контакт, при недостаточной амортизации замыкаются электроды ламп; незаметные трещины на поверхности остеклованных сопротивлений переходят в сколы части защитного покрытия.

Большую опасность представляет резонанс – совпадение собственной частоты механических колебаний деталей или узлов с частотой возбуждения вибрации. При механическом резонансе могут возникнуть нарушения работоспособности аппаратуры. Для обнаружения резонансов изделие подвергается испытаниям в диапазоне частот вибрации [1]. При этом при испытаниях никто не контролирует механические ускорения и напряжения на каждом радиоэлементе [2]. В большинстве конструкций РЭА, элементы содержатся внутри корпуса изделия, что при проведении механических испытаний делает затруднительным или невозможным установку датчика на тот или иной печатный узел или радиоэлектронный компонент. Кроме того, при проведении механических испытаний значение входных воздействий могут как увеличиваться, так и уменьшаться за счет возникновения резонансов в несущей конструкции РЭА. Таким образом, отсутствует информация о значениях ускорений, перемещений и напряжений на радиоэлектронных компонентах, установленных внутри корпуса РЭА.

Одним из вариантов решения данной проблемы является применение численных методов для расчета динамических параметров конструкций РЭА. Метод конечных элементов является одним из наиболее эффективных численных методов решения математических задач, описывающих состояние физических систем сложной структуры. В последние десятилетия он занял ведущее положение и получил широкое применение [3].

В настоящее время существует множество программных продуктов (CAE-системы), в основе которых лежит метод конечных элементов. Наиболее распространенными являются: ANSYS, NASTRAN, MARK, ABAQUS.

Однако применение CAE-систем требует серьезных теоретических знаний и опыта использования данных программных продуктов. Также, существует проблема отсутствия специализированных баз данных по параметрам материалов конструкции РЭА и радиоэлементам. Это в свою очередь, увеличивает время на построение модели и ставит под сомнение точность моделирования. Другими одним недостатком является

ограниченность или отсутствие расчета надежности несущих конструкций при механических воздействиях. А также отсутствие методики создания моделей, предназначенных для конечно-элементного анализа.

Решением задачи моделирования механических процессов в конструкциях РЭА занимались такие специалисты как Маквецов Е.Н. [4], Кофанов Ю.Н. [5, 6], Шалумов А.С.[6] и др. Но в данных работах отсутствует методика создания моделей в САПР таких как SolidWorks, Pro-engineer. А также последующего расчета моделей РЭА на механические воздействия. Не был реализован алгоритм по расчету надежности несущих конструкций, подвергающихся механическим воздействиям.

Передача параметров механических воздействий в местах крепления печатных узлов из подсистемы АСОНИКА-М в подсистему АСОНИКА-ТМ. В связи со сложной конфигурацией РЭС, для проведения расчетов, зачастую приходится упрощать конструкцию – модели верхнего и нижнего уровней. Это в свою очередь влияет на сходимость с результатами реальных испытаний. Возникает необходимость исследовать модели нижнего уровня на влияния выходных воздействий моделей верхнего уровня. В качестве примера: моделью верхнего уровня является конструкция РЭА, моделью нижнего уровня – установленный внутри данной конструкции печатный узел.

В этом случае актуальна интеграция между двумя программными продуктами. Во-первых, задаваемое воздействие, оказываемое на модель верхнего, не совпадает с воздействием, оказываемым на модели нижнего уровня. Во-вторых появляется возможность наиболее точно обнаружить «слабые» места модели нижнего уровня. Для реализации данной задачи была разработана методика передачи механических воздействий от моделей верхнего уровня моделям нижнего уровня. В данной статье представлено ее практическое применение при моделировании механических воздействий.

Из рассмотренных программных средств, наиболее подходящим для решения данной задачи, является система АСОНИКА. Большинство САЕ-систем, являются системами широкого профиля и применяются в различных отраслях промышленности, что не позволяет учитывать некоторые особенности конструкций, при проектировании РЭА в частности. Это приводит к временным затратам, т.к. отсутствуют модули по созданию типовых конструкций, отсутствует база данных ЭРИ, отсутствует или затруднена возможность передачи механических воздействий от моделей верхнего уровня моделям нижнего уровня.

АСОНИКА - автоматизированная система обеспечения надежности и качества аппаратуры предназначена для анализа РЭА на тепловые механические и другие воздействия на ранних этапах проектирования. Особенности системы АСОНИКА являются:

1. Наличие собственной базы данных материалов и радиоэлектронных компонентов.

2. Удобный графический интерфейс

Система АСОНИКА состоит из 7 подсистем, каждая из которых реализует отдельную задачу. Для решения конкретной задачи - расчета конструкции блока кассетного типа, сохранение заданных воздействий и дальнейшей их передачи для более подробного анализа были выбраны подсистемы АСОНИКА-М и АСОНИКА-ТМ.

Подсистема АСОНИКА-М предназначена для анализа ускорений, перемещений и напряжений при воздействии гармонической вибрации, случайной вибрации, ударов, линейных ускорений в типовых конструкциях шкафов, цилиндрических блоков, блоков кассетного и этажерочного, а также сложных блоков с различным исполнением и размещением кронштейнов с печатными узлами и пенными блоками РЭС.

Метод взаимодействия «проектировщик – система» для моделирования механических процессов в несущих конструкциях РЭС, положенный в основу подсистемы АСОНИКА-М, включает в себя:

1. Методики расчета несущих конструкций РЭС с использованием расчётного ядра, работающего с конечно-элементными моделями подсистемы АСОНИКА-М при заданных механических воздействиях;

2. Инструментарий с интуитивно понятным интерфейсом ввода-вывода, хорошо понятным проектировщику РЭС, что повышает эффективность процесса моделирования (главную роль играют программы для автоматизированного ввода моделей, расчета и вывода результатов).

3. Систему управления данными, возможность автоматической передачи информации между различными уровнями иерархии.

Подсистема АСОНИКА-ТМ позволяет анализировать печатные узлы радиоэлектронных средств и проводить расчет: 1) стационарного и нестационарного тепловых режимов как при нормальном, так и при пониженном давлении; 2) на следующие виды механических воздействий: а) гармоническая вибрация; б) случайная вибрация; в) удар одиночный и многократный; г) линейное ускорение; д) акустический шум.

Немаловажным фактором является возможность передачи данных из CAD-системы в CAE-систему для проведения дальнейшего анализа. Например из Solidworks или Pro-engineer в ANSYS, из PCAD в АСОНИКА-ТМ и т.д.

Выбор данных подсистем был осуществлен по следующим признакам:

1. Удобный интерфейс
2. Возможность передачи параметров воздействий более удобным способом, чем в других CAE-системах.
3. Наличие собственной базы данных материалов и радиоэлементов
4. Русифицированность
5. Принадлежность к одной системе - АСОНИКА.

Одна из особенностей системы АСОНИКА – связь между подсистемами. В данной статье показана связь подсистем АСОНИКА-М и АСОНИКА-ТМ. Связь заключается в передаче выходного воздействия из подсистемы АСОНИКА-М в подсистему АСОНИКА-ТМ, где оно становится входным. Это позволяет проанализировать модель нижнего уровня на влияние воздействия, оказываемого моделью верхнего уровня. На рис. 1 представлен алгоритм передачи данных из подсистемы АСОНИКА-М в подсистему АСОНИКА-ТМ.

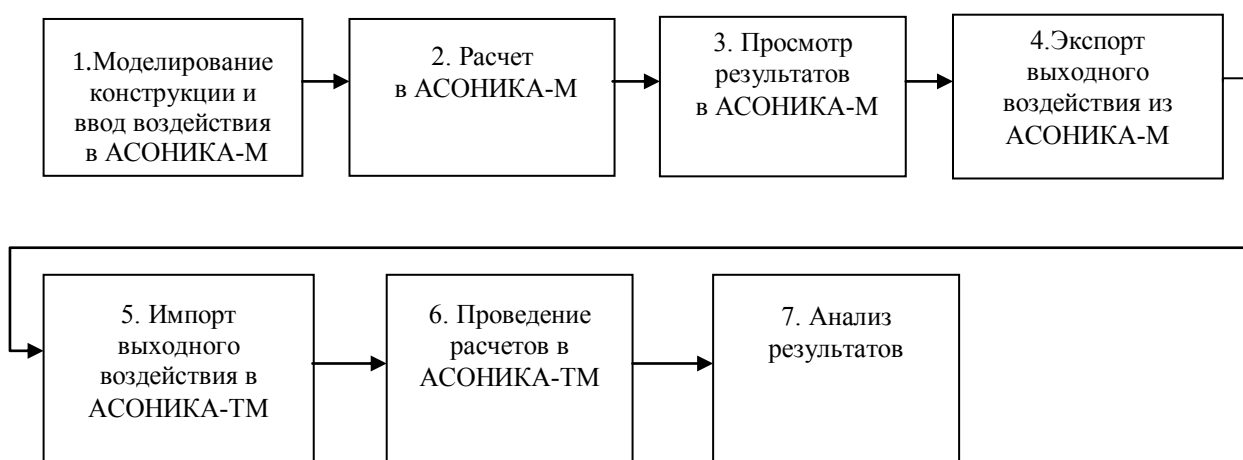


Рис.1 Алгоритм передачи воздействий

Данный алгоритм реализован на примере блока кассетного типа (рис. 2) – модели верхнего уровня и печатного узла импортированного в подсистему АСОНИКА-ТМ из PCAD2006 (рис.3) – модели нижнего уровня. Печатный узел закреплен в блоке.

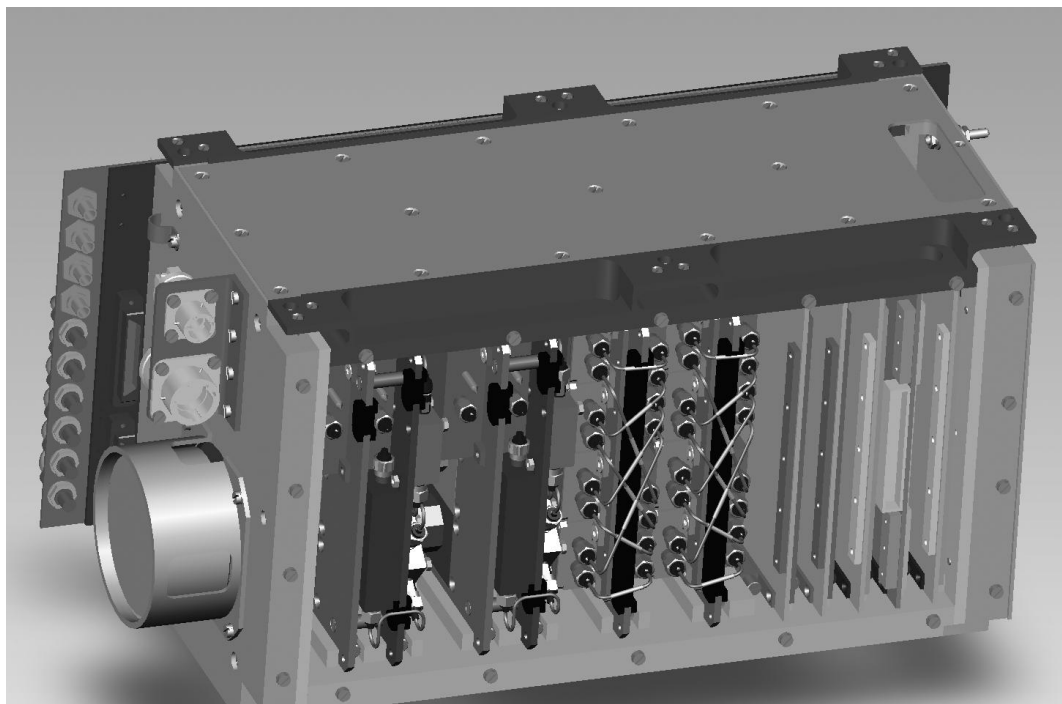


Рис. 2 Блок кассетного типа (вид без стенки)

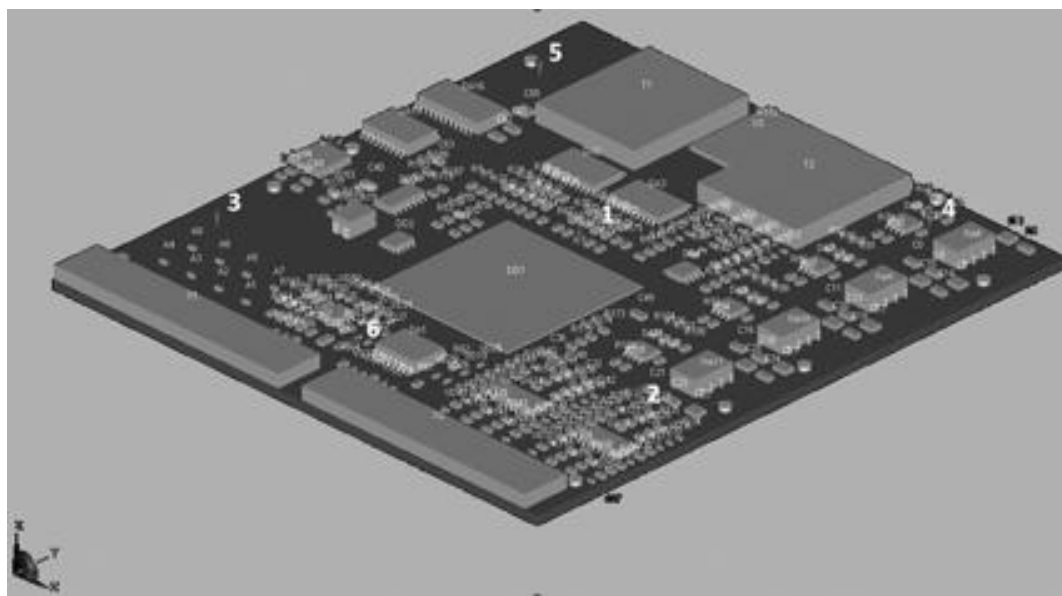


Рис. 3 Печатный узел

В данной статье практическая реализация методики передачи воздействий осуществляется на примере удара однократного действия.

Для того чтобы рассчитать конструкцию блока на указанные воздействия, необходимо построить ее в подсистеме АСОНИКА-М. Данная конструкция типовая и является блоком кассетного типа. На рис. 4. представлен блок кассетного типа, смоделированный в подсистеме АСОНИКА-М:

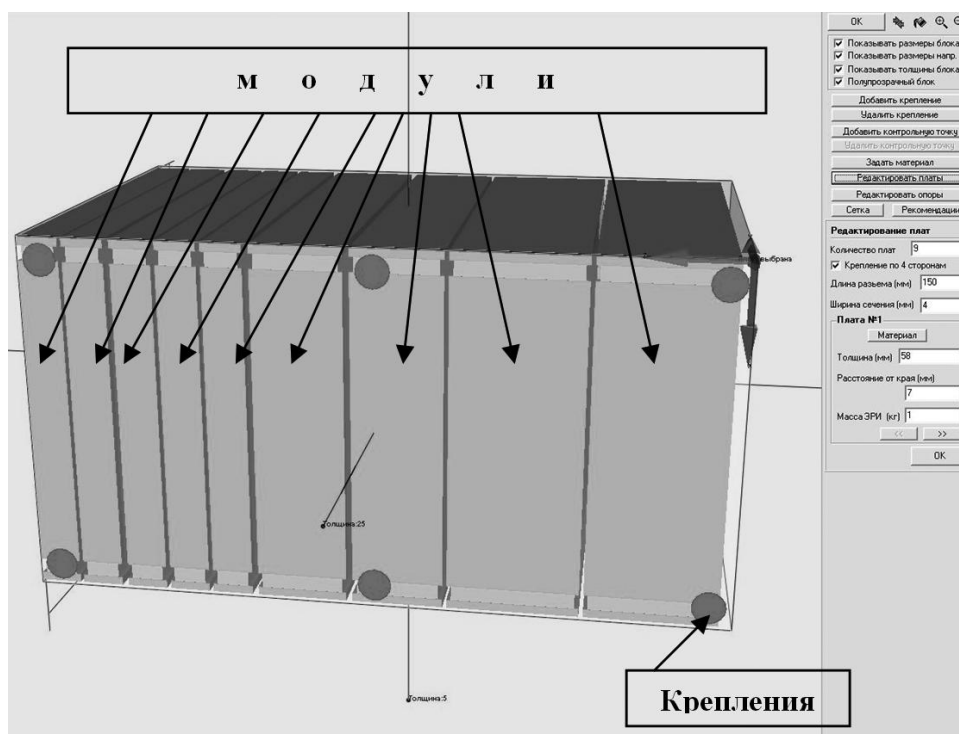


Рис. 4 Блок кассетного типа, смоделированный в подсистеме АСОНИКА-М

Модули, содержащиеся в данном блоке, отображаются в виде прямоугольников. Для каждого модуля задается материал, и автоматически рассчитываются массовые характеристики. Окружностями обозначаются крепления блока. Следующим шагом в моделировании является задание воздействий. В качестве примера производится расчет на воздействие одиночного удара.

Согласно ТУ:

"Изделие должно быть работоспособным, сохранять внешний вид и соответствовать требованиям после испытания на прочность узлов крепления при воздействии механического удара одиночного действия.

Осуществляется по три удара в каждом из 6 направлений по осям $\pm X, \pm Y, \pm Z$, с пиковым ударным ускорением 15 g при длительности 15 мс." Далее, данные вводятся в подсистему АСОНИКА-М. Задается диапазон частот и амплитуда. Далее проводится расчет конструкции.

Выходные воздействия отличаются от входных. Именно их необходимо учесть при расчете печатного узла на механические воздействия. Далее осуществляется передача выходного воздействия из подсистемы АСОНИКА-М в подсистему АСОНИКА-ТМ. Для экспорта воздействия необходимо выбрать на печатной плате точку, которая имитирует датчик, установленный на креплении печатного узла к блоку. Сначала файл со значениями

в данном узле сохраняется, а далее выбирается ось направления воздействия. Далее воздействие импортируется в подсистему АСОНИКА-ТМ.

В подсистеме АСОНИКА-ТМ на одном из креплений, ранее обозначенных в АСОНИКА-М, выставляется контрольная точка. Таким образом, вместо изначального воздействия, заданного в ТУ, на крепление печатного узла к блоку осуществляется измененное, за счет резонансов несущей конструкции воздействие. Далее производится расчет на воздействие одиночного удара.

Таким образом, с помощью методики передачи воздействий, на конкретном примере, обеспечивается связь между двумя подсистемами, а также получение более полной информации относительно влияния моделей верхнего уровня на модели нижнего уровня.

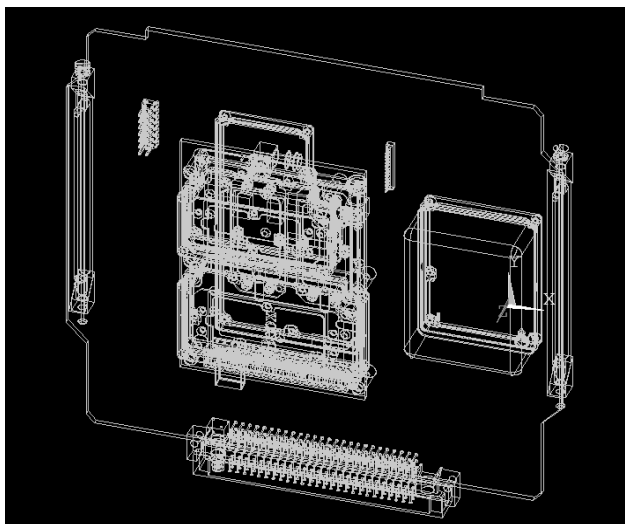
Методика расчета конструкций изделий в АСОНИКА-М-IGS. Как показывает практика конструкции РЭА часто могут отличаться от стандартных форм исполнения (блок кассетный, блок цилиндрический, шкаф). В подсистеме АСОНИКА-М-IGS имеется возможность рассчитывать на механические воздействия модели любого конструктивного исполнения, импортированные из CAD-систем, таких как SolidWorks, Pro-engineer и др. Это позволяет повысить сходимость результатов моделирования с данными эксперимента, в отличие от применения типовых конструкций в АСОНИКА-М, предназначенных для более быстрого получения результата расчета, но менее точного.

Тем не менее, существуют ограничения по точности создания модели, т.к. расчетным ядром подсистем АСОНИКА-М и АСОНИКА-М-IGS является САЕ-система ANSYS, принцип работы которой основан на применении метода конечных элементов.

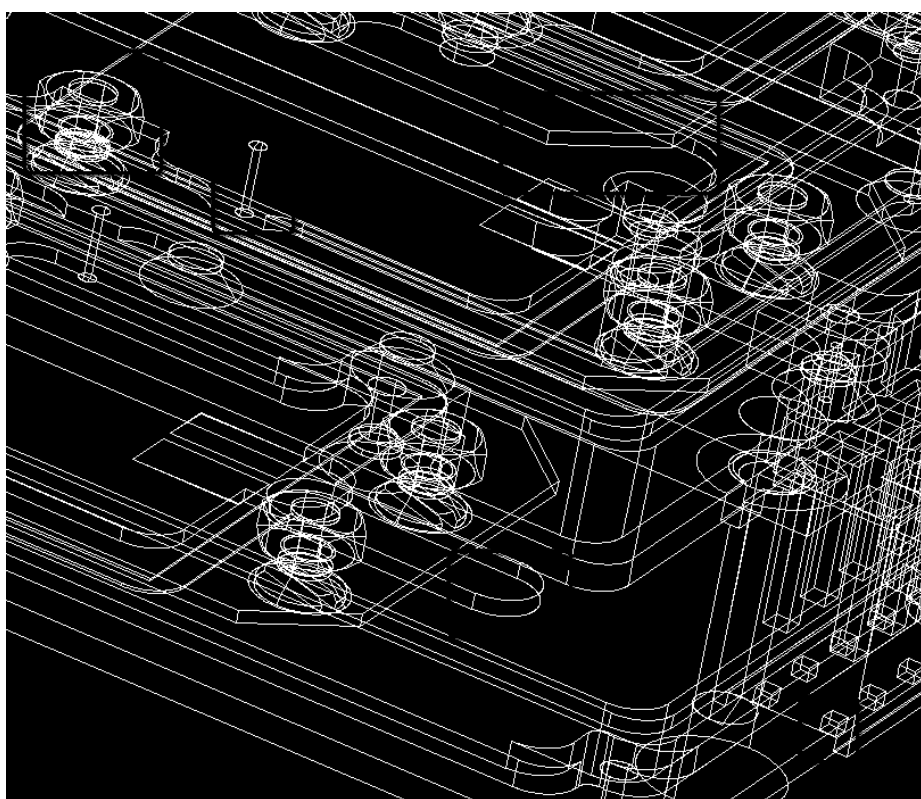
При создании расчетной схемы сложной конструкции прибегают к некоторой идеализации ее формы, при этом степень идеализации влияет на достоверность результатов расчета [7]. Таким образом, причинами усложнения конечно-элементной модели являются:

С точки зрения расчета на прочность, изделия радиоэлектронной аппаратуры осложнены:

1. Наличием большого числа радиоэлектронных компонентов (свыше тысячи) расположенных на печатных узлах модулей, встроенных в конструкцию. Это существенно замедляет процесс расчета или делает его невозможным для расчета на ЭВМ. На рис.5 представлена импортированная в АСОНИКА-М-IGS модель:



а) импортированная, не идеализированная модель



б) фрагмент импортированной, не идеализированной модели.

Рис.5. Пример не упрощенной модели конструкции

2. Наличием в модели малогабаритных деталей: винты, кабели, шайбы, что в свою очередь, приведет к «сложным» соединениям и затруднит разбиение конструкции на конечные элементы. Перечисленные модели влияют на размер конечных элементов, их количество, вероятность безошибочного импорта конструкции и, как было сказано выше, на время дальнейших расчетов. Некоторыми такими деталями можно пренебречь, т.к.

вносимая ими жесткость мала, и это мало отражается на результате расчета. Болты, гайки, шайбы, свою прямую функцию не выполняют при расчете. Но они необходимы если того требует условия задачи.

3. Конструктивным исполнением некоторых деталей. К примеру, наличие отверстий, фасок и скруглений. На границе данных областей происходит «сгущение» сетки конечных элементов, что приводит к увеличению их количества, и уменьшению их размера, увеличению времени расчета, уменьшению вероятности расчета конструкции (т.к. срабатывает ограничение программы по количеству конечных элементов).

В итоге, в погоне за точностью увеличивается время импорта, затрудняется создание сетки конечных элементов, и как следствие, время расчета. Связано это с тем, что увеличивается количество деталей, а следовательно поверхностей, сборка становится более громоздкой. При расчете в САЕ-системах используют идеализированную расчетную модель. Таким образом, для решения задач по расчету нетиповых конструкций на механические воздействия, была разработана методика по работе с подсистемой АСОНИКА-М-IGS. На одном из примеров показано ее применение.

На рис.6 представлен алгоритм по работе с подсистемой АСОНИКА-М-IGS:

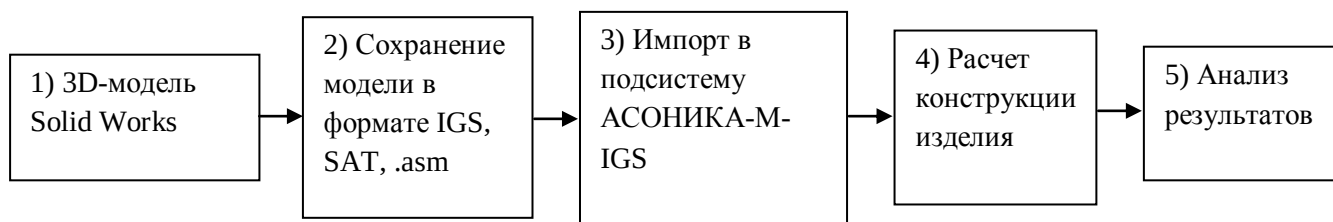


Рис.6. Алгоритм по работе с подсистемой АСОНИКА-М-IGS

1. **Исходная модель.** Перед сохранением в формате, предназначенным для передачи в подсистему АСОНИКА-М-IGS, зачастую необходимо идеализировать модель конструкции блока. Наиболее распространенные методы упрощения конструкции:

- 1) Исключение малогабаритных по сравнению с конструкцией деталей, или замена их эквивалентными деталями более простой формы;
- 2) Исключение, где это представляется возможным, фасок и скруглений.
- 3) Отсутствия пересечений деталей в сборке
- 4) Условия закрепления конструкции. Т.к. закрепление необходимо задать точно. Упрощенное закрепление (например, по линии вместо точки), увеличит расходимость результатов расчета с экспериментом.

2. **Сохранение модели.** В современной CAD-системе имеется возможность сохранить геометрию конструкции в любом формате. Подсистема АСОНИКА-М-IGS позволяет импортировать данные, сохраненные в форматах *.SAT, *.IGS, *.asm. Многообразие форматов для сохранения объясняется тем, не из каждой CAD-системы можно безошибочно импортировать конструкции в том или ином формате и возможности импорта данной конструкции в ANSYS. Так, например, если конструкция была создана в Pro-engineer, то для ее сохранения применяется формат IGS. При сохранении в SolidWorks, наиболее безошибочным форматом для сохранения геометрии является формат SAT. Данная конструкция была сохранена в формате SAT.

3. **Импорт в подсистему АСОНИКА-М-IGS.** В подсистеме АСОНИКА-М-IGS создается новый проект, сохраняется, осуществляется переход к интерфейсу по работе с моделью, осуществляется импорт модели. Далее модель разбивается на конечные элементы, задаются материалы конструкции, а также крепления.

Анализ надежности несущих конструкций при механических воздействиях. Обычный, детерминистический подход к расчету конструкции состоит, в сущности, из двух этапов. На первом этапе вычисляются напряжения, деформации и перемещения в конструкциях, подверженных действию внешних нагрузок, или вычисляются некоторые предельные значения этих нагрузок. Решению этой задачи служат методы строительной механики, теории упругости, теории пластичности и т.п. Второй этап расчета состоит либо в сопоставлении вычисленных напряжений, деформаций, перемещений с некоторыми нормативно допустимыми значениями, либо в сопоставлении расчетных нагрузок с предельными нагрузками. Второй этап является весьма важным. Именно на этом этапе косвенными и довольно примитивными методами выбирается достаточно надежная, долговечная и экономичная конструкция.

В подавляющем большинстве работ по теории надежности почти не затрагиваются те механические, физические и химические явления, которые являются причиной отказов. Надежность и долговечность конструкций целиком определяется взаимодействием между внешней средой, с одной стороны, и свойствами конструкции с другой. Весьма сложный характер этого взаимодействия, а также взаимодействия элементов между собой, лишает возможности ограничиться понятиями и методами математической теории надежности. С другой, хорошо разработанный аппарат строительной механики, теории упругости, теории пластичности и теории колебаний, распространенный на стохастические задачи, позволяет получать достаточно адекватное описание стохастического поведения конструкции.

Рассмотрим поведение некоторой системы при внешних воздействиях. Уравнение системы возьмем в общем виде:

$$Lu = q, \quad (1)$$

где q – элемент из пространства входных параметров Q ; u – элемент из пространства выходных параметров U ; L – оператор системы. Пространство U выбирается таким образом, чтобы при помощи его элементов $u \in U$ можно было полностью охарактеризовать любое состояние системы. А именно, каждому состоянию соответствует $u \in U$. При изменении параметра времени t одно состояние переходит в другое. Эволюция состояний описывается функциями $u(t)$; их геометрическим образом служат траектории в пространстве состояний U .

Введем теперь пространство V для описания качества системы. Пусть каждому качеству системы соответствует элемент $v \in V$; при этом время t играет роль параметра. Каждой траектории $u(t)$ в пространстве в пространстве U соответствует некоторая траектория $v(t)$ в пространстве качества V . Связь между элементами этих пространств и траекториями в них дается операторным соотношением. Оператор M может быть, в частности, тождественным оператором.

$$v = Mu. \quad (2)$$

Множество состояний системы, допустимых с точки зрения качества, образует в пространстве качества M область допустимых состояний Ω_0 . Граница области Ω_0 соответствует предельным состояниям. Эту границу будем называть предельной поверхностью и обозначать через Γ . Если $v \in \Omega_0$, то это означает, что параметры качества системы сохраняются в установленных допусках. Пересечение траекторий $v(t)$ предельной поверхности Γ в направлении внешней нормали соответствует отказу системы. Тогда пространства Q , U и V – евклидовы пространства. На рис.7 представлены траектории $q(t)$, $u(t)$, $v(t)$. для случая, когда пространства Q , U и V являются евклидовыми трехмерными пространствами.

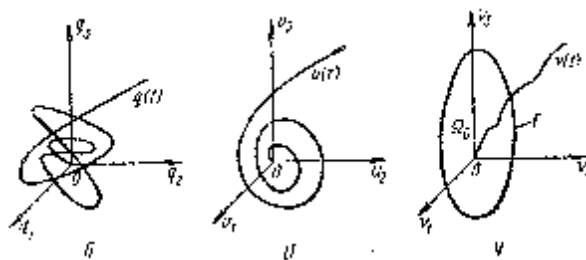


Рис.7. Траектории пространств $q(t)$, $u(t)$, $v(t)$.

Пусть внешнее воздействие $q(t)$ и (или) оператор системы L являются стохастическими. Тогда траектории $v(t)$ в пространстве качества V будут также стохастическими. Отказ интерпретируется как случайное пересечение траекторией $v(t)$ предельной поверхности Γ (или как случайный выброс элемента из области допустимых состояний) [8]. Вероятность безотказной работы – функция надежности определяется как вероятность пребывания элемента $v(\tau)$ в допустимой области Ω_0 на отрезке времени $[0, t]$:

$$P(t) = P\{v(\tau) \in \Omega_0; \tau \in [0, t]\} \quad (3)$$

Однако для высоконадежных систем выброс параметров за пределы допустимой области является достаточно редким событием. При этих условиях вероятность выброса можно с достаточной точностью оценить, выражая ее через математическое ожидание числа выбросов на отрезке $[0, t]$. Поведение конструкции при испытаниях представляется как случайный процесс. Пусть $v(t)$ – непрерывный и дифференцируемый случайный процесс с заданной совместной плотностью вероятности $p(v, \dot{v}; t)$, зависящий от t как от параметра. Из области возможных значений $v(t)$ берется некоторое детерминистическое постоянное значение v_* и рассчитывается математическое ожидание числа пересечений процессом $v(t)$ уровня v_* (рис.8).

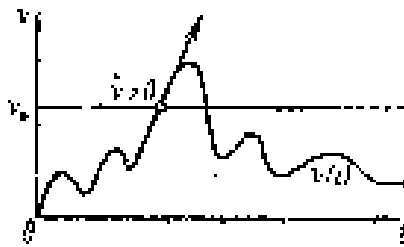


Рис.8. Пересечение процесса $v(t)$ с уровнем v_*

Таким образом, задача сводится к вычислению вероятности случайного события, состоящего в том, что за малый промежуток времени Δt произойдет одно положительное пересечение уровня v_* . Функция надежности определяется по формуле (модель пуассоновского типа):

$$P(t) \approx 1 - \int_0^t v_+(v_*; \tau) d\tau, \quad (4)$$

где $v_+(v_*; \tau)$ - математическое ожидание числа положительных пересечений уровня v_* в единицу времени [8].

Также качество системы может характеризоваться несколькими параметрами. Исходя из этого, пространство качества V – многомерное евклидово пространство. Общая

схема вычислений остается прежней. Сначала выводится формула для математического ожидания числа пересечений траекторией $v(t)$ границы Γ , допустимой области Ω_0 , затем данное значение используется для приближенной оценки функции надежности. Математическое ожидание числа пересечений в единицу времени обозначается через $\nu_+(\Gamma; t)$ На рис.9 представлен пример двумерного пространства качества, представляющее собой прямоугольник со сторонами $2\nu_1^*$ и $2\nu_2^*$:

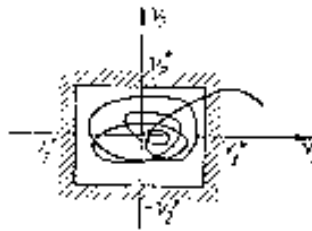


Рис.9. Двумерное пространство качества

Ограничимся тем, что вычислим математическое ожидание числа положительных пересечений поверхности n -мерного параллелепипеда стационарным гауссовским процессом $v(t)$, полагая компоненты этого процесса стохастически независимыми. Функция надежности рассчитывается по формуле[8]:

$$P(t) \sim 1 - \sum_{k=1}^n N_k(t), \quad (5)$$

где под $N_k(t)$ следует понимать математическое ожидание числа положительных пересечений поверхности Γ_k за отрезок времени $(0, t]$

Итак, сформулирована общая схема оценки надежности с учетом физических, технических и эксплуатационных аспектов. Эта схема складывается из четырех этапов:

1. Схематизация системы (конструкции) и внешних воздействий на нее, т.е. выбор пространств Q и V . Тем самым вводится оператор L .
2. Второй этап состоит в определении стохастического поведения системы при случайных воздействиях.
3. Третий этап заключается в выборе пространства качества V и области допустимых состояний Ω_0 . Этот выбор делается с учетом требований ТЗ.
4. Определение функции надежности $P(t)$, являющейся результатом учета ряда факторов: внешней среды, свойств системы, технологический и эксплуатационных требований.

Выполнение первых двух этапов осуществляется в подсистемах АСОНИКА-М и АСОНИКА-М-IGS. Третий и четвертый этап реализуются с помощью методики расчета надежности несущих конструкций, схема алгоритма которой представлена на рис.10.

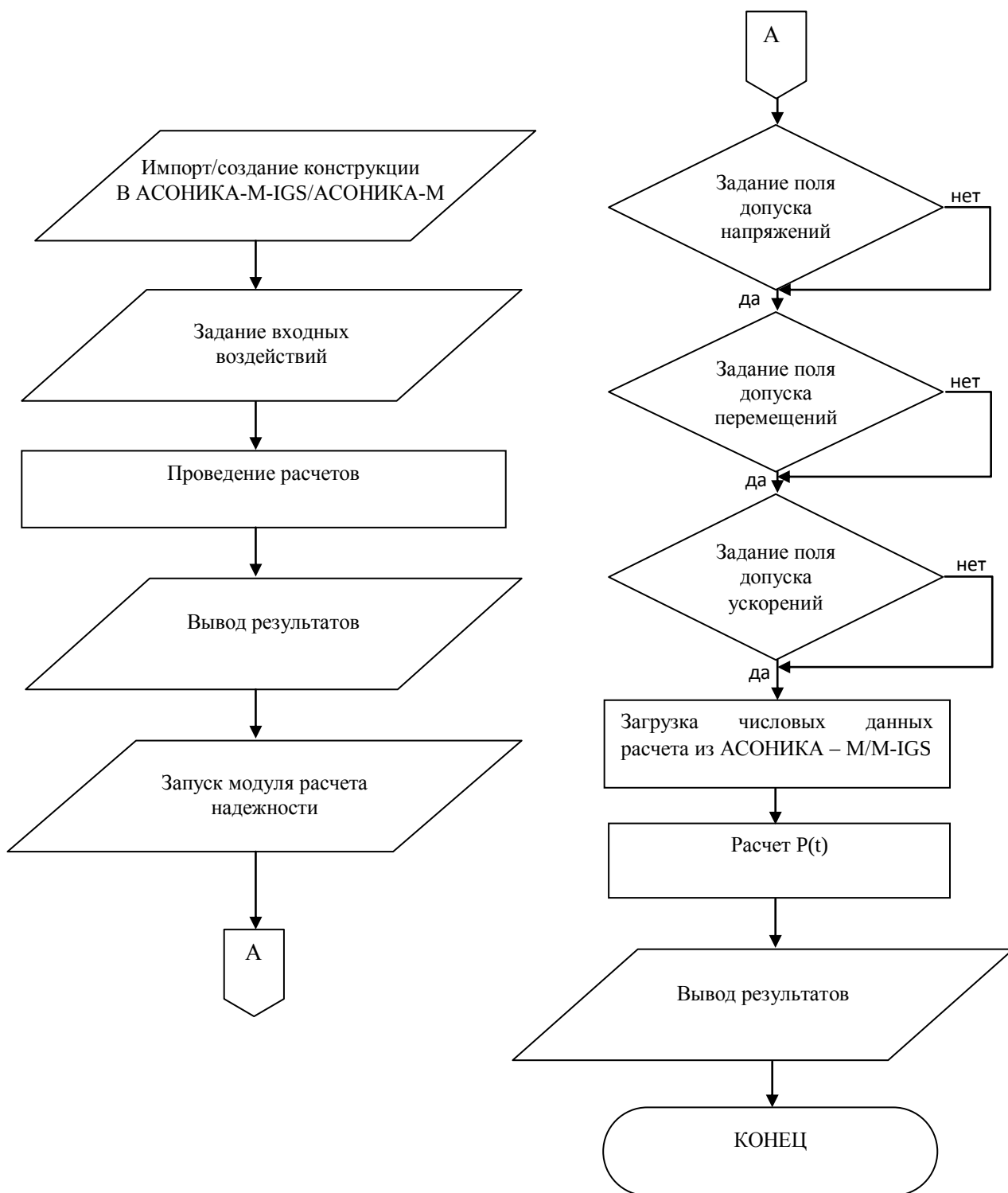


Рис.10. Алгоритм расчета функции надежности

Рассмотрим работу данного алгоритма по шагам.

1. Импорт ранее созданной модели в подсистему АСОНИКА-М-IGS.
2. Задание материалов конструкции, введение креплений, разбиение на конечные элементы и ввод параметров механических воздействий.

3. Проведение расчетов в подсистеме АСОНИКА-М-IGS

4. Анализ результатов

Таким образом, первые четыре шага осуществляются согласно методике, представленной в данной статье.

5. На данном шаге запускается модуль расчета надежности несущей конструкции. Задаются параметры качества v и область допустимых состояний Ω_0 . Под параметрами качества подразумеваются напряжения, перемещения, ускорения. Область допустимых состояний – максимальные значения параметров, заданные в ТЗ.

6. На данном шаге производится расчет функции надежности. Соответственно в зависимости, от того сколько параметров качества будет указано (один или несколько), расчет надежности производится как для одномерного пространства качества, так и для многомерного.

7. На этом шаге осуществляется вывод результатов расчета функции надежности $P(t)$.

Таким образом для повышения надежности несущих конструкций на этапе проектирования, были разработаны:

Разработана методика передачи воздействий из подсистемы АСОНИКА-М в подсистему АСОНИКА-ТМ. Применение данной методики позволяет определить влияние модели верхнего уровня на модели нижнего уровня.

Разработана методика расчета конструкций изделий в подсистеме АСОНИКА-М-IGS, позволяющая наиболее точно создать геометрию конструкции для выполнения прочностных расчетов с сокращением времени, занимаемого процессом расчета.

Рассмотрены основные положения теории надежности в расчетах сооружений, предложен алгоритм по расчету надежности несущих конструкций для дальнейшей реализации в системе АСОНИКА.

Литература

1. Малинский В.Д., Ошер Д.Н. Испытания радиоаппаратуры, М.-Л, издательство «Энергия», 440 стр. с илл. Сводный тематический план 1965 г.
2. Держинский С.М., Рыжанков В.И. Модель форсирования испытаний РЭА на воздействие широкополосной случайной вибрации // Междувед. темат. науч. сб.: Механика радиоэлектронных и вычислительных устройств / Таганрог. радиотехн. ин-т. Таганрог: изд. ТРТИ. 1982. Вып. 2 С. 61-66.
3. Зенкевич О.С. Метод конечных элементов в технике. М: Мир. 1975.

4. Маквецов Е.Н., Тартаковский А.М. Механические воздействия и защита радиоэлектронной аппаратуры: Учебник для вузов. М.: Радио и связь. 1993. 200 с.
5. Кофанов Ю.Н. и др. Информационная технология моделирования механических процессов в конструкциях радиоэлектронных средств. М.: Радио и связь. 2000. 160 с.
6. Шалумов А.С., Малютин Н.В., Кофанов Ю.Н., Способ Д.А., Жаднов В.В., Носков В.Н., Ваченко А.С. 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, 2007г., 368 с.
7. А.Б. Каплун, Е.М. Морозов ANSYS в руках инженера: Практическое руководство/. – М.: Едиториал УРСС, 2003. – 272 с.
8. Болотин В.В. Методы теории вероятностей и теории надежности в расчетах сооружений. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1981. – 351 с.
9. Шалумов А.С., Кофанов Ю.Н., Куликов О.В., Травкин Д.Н., Соловьев Д.Б., Першин О.Е. Динамическое моделирование сложных радиоэлектронных систем // Динамика сложных систем. – 2011. - № 3. - С.51-59.
10. Урюпин И.С. Интеграция подсистем АСОНИКА-М и АСОНИКА-ТМ для моделирования механических процессов в радиоэлектронной аппаратуре // Динамика сложных систем. – 2011. - № 4. - С.73-78.
11. Травкин Д.Н. Разработка автоматизированной подсистемы для моделирования механических процессов в конструкциях БРЭС // Научные технологии. – 2011. - № 11. - С.32-37.
12. Урюпин И.С., Травкин Д.Н. Анализ печатной платы на механические и тепловые воздействия в подсистеме АСОНИКА-ТМ // Научные технологии. – 2011. - № 11. - С.54-59.
13. Малютин Н.В., Витков Б.Г., Дудко О.В., Травкин Д.Н. Разработка радиоэлектронной аппаратуры с помощью системы АСОНИКА // Научные технологии. – 2011. - № 11. - С.96-102.
14. Н.А. Шалумова, С.В. Чабриков, А.И. Манохин, Т.А. Багаева, Чинь Куок Тан. Подсистема анализа и обеспечения тепловых характеристик конструкций радиоэлектронных средств АСОНИКА-Т // Научные технологии. – 2011. - № 11. - С.44-53.
15. М.В. Тихомиров, Нгуен Динь Тхань, Ле Тхань Нам. Углубление интеграционных возможностей системы АСОНИКА при анализе надежности электронной аппаратуры // Научные технологии. – 2011. - № 11. - С.60-66.
16. М.Н. Беликова, Р.Л. Желтов. База данных системы АСОНИКА в архитектуре клиент-сервер и задача ее расширения для радиоэлементов и материалов при разработке электронных макетов возобновляемых источников энергии // Научные технологии. – 2011. - № 11. - С.67-71.

17. В.Н. Носков, А.А. Соловкин. Развитие функциональных возможностей подсистемы управления моделированием РЭС АСОНИКА-УМ // Научные технологии. – 2011. - № 11. - С.72-78.
18. Волков В.А., Травкин Д.Н. Допусковый анализ прецизионных печатных плат // Динамика сложных систем. – 2011. - № 4. - С.62-68.
19. Урюпин И.С. Интеграция подсистем АСОНИКА-М и АСОНИКА-ТМ для моделирования механических процессов в радиоэлектронной аппаратуре // Динамика сложных систем. – 2011. - № 4. - С.73-78.

Working out of a technique of increase of reliability of bearing constructions of radio-electronic equipment at a design stage

© Authors, 2011

I.S. Uryupin

A.S.Shalumov

Mechanical influences cause from 30 to 50 % of refusals of radio-electronic equipment. The overwhelming majority of refusals is connected with an exit of parameters, for the limits established by the specifications and technical documentation. Parameters are meant as such mechanical characteristics of designs of radio-electronic equipment, as accelerations, pressure and movings. As a result of mechanical influences infringements of requirements of durability and, accordingly, requirements of reliability of a bearing design of a product of elements of a product, and their fastenings and connections are possible.

Thus for increase of reliability of bearing designs at a design stage, have been developed:

The technique of transfer of influences from a subsystem of АСОНИКА-М in subsystem АСОНИКА-ТМ is developed. Application of the given technique allows to define influence of model of top level on models of the bottom level.

The design procedure of designs of products in subsystem АСОНИКА-М-IGS is developed, allowing most precisely to create geometry of a design for performance calculations with reduction of time occupied with process of calculation.

Substantive provisions of the theory of reliability in calculations of constructions are considered, the algorithm by calculation of reliability of bearing designs for the further realization in system АСОНИКА is offered.