## ПРАВИТЕЛЬСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»

Московский институт электроники и математики Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики»

> Кафедра радиоэлектроники и телекоммуникаций

# Кофанов Ю.Н.

# АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА АСОНИКА В ПРОЕКТИРОВАНИИ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

Учебно-методическое пособие по дисциплине «Информационные технологии проектирования электронных средств»

> Москва МИЭМ НИУ ВШЭ 2012

Рецензент: д.т.н. Воловиков В.В.

## Кофанов Ю.Н.

**К18** Автоматизированная система АСОНИКА в проектировании радиоэлектронных средств: Учебно-методическое пособие. – М.: МИЭМ НИУ ВШЭ, 2012. – 58 с., ил. 46.

### ISBN 978-5-94506-311-2

В учебно-методическом пособии описывается программное обеспечение Автоматизированной системы обеспечения надёжности и качества аппаратуры АСОНИКА, которая применяется в информационных технологиях проектирования радиоэлектронных средств, изучаемых студентами МИЭМ НИУ ВШЭ в соответствующих дисциплинах. Пособие предназначено для помощи студентам в выполнении, прежде всего, самостоятельных и курсовых работ на кафедре «Радиоэлектроника и телекоммуникации» в «Научной школе АСОНИКА», проводимых в Московском институте электроники и математики НИУ ВШЭ при разработке новых версий автоматизированной системы обеспечения надежности и качества аппаратуры АСОНИКА.

Пособие может быть полезно магистрантам и аспирантам при выполнении ими диссертационных исследований, а также научным работникам и специалистам предприятий, приобретающих в МИЭМ НИУ ВШЭ автоматизированную систему АСОНИКА для создания высоконадёжных радиоэлектронных средств.

УДК 621.396.6.001.66 (075) ББК 68.821 ISBN 978-5-94506-311-2

© Кофанов Ю.Н., 2012 © МИЭМ НИУ ВШЭ, 2012

ISBN 978-5-94506-311-2

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	
ВВЕДЕНИЕ	
История создания и развития автоматизированной системы	5
обеспечения надёжности и качества аппаратуры АСОНИКА	
1. СХЕМА КОМПЛЕКСНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ	
2. МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ	
3. ПОДСИСТЕМА АСОНИКА-Т	11
3.1. Назначение и технические характеристики подсистемы АСОНИКА-Т	
3.2. Состав подсистемы АСОНИКА-Т	
3.3. Описание входной и выходной информации	
4. ПОДСИСТЕМА АСОНИКА-ТМ	
4.1. Назначение и технические характеристики подсистемы АСОНИКА-ТМ	17
4.2. Состав подсистемы АСОНИКА-ТМ	
4.3. Описание входной и выходной информации	
5. ПОДСИСТЕМА АСОНИКА-П	
5.1. Назначение и технические характеристики подсистемы АСОНИКА-П	
5.2. Состав подсистемы АСОНИКА-П	
5.3. Описание входной и выходной информации	
6. ПОДСИСТЕМА АСОНИКА-К	
6.1. Назначение и технические характеристики подсистемы АСОНИКА-К	30
6.2. Состав подсистемы АСОНИКА-К	31
6.3. Описание применения подсистемы АСОНИКА-К	32
7. ПОДСИСТЕМА АСОНИКА-М	37
7.1. Назначение и технические характеристики подсистемы АСОНИКА-М	
7.2. Состав подсистемы АСОНИКА-М	37
7.3. Описание входной и выходной информации	37
8. ПОДСИСТЕМА АСОНИКА-У	
8.1. Назначение и технические характеристики подсистемы АСОНИКА-У	. 41
8.2. Состав подсистемы АСОНИКА-У	42
9. ПОДСИСТЕМА АСОНИКА-Р	
9.1. Назначение и технические характеристики подсистемы АСОНИКА-Р	
10. ХРАНЕНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ ДАННЫМИ В ПРОЦЕССЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ	44
11. ОПИСАНИЯ КОНВЕРТОРОВ ДАННЫХ МЕЖДУ ПОДСИСТЕМАМИ СИСТЕМЫ	
АСОНИКА И СТОРОННИМИ САПР	47
11.1. Описание конвертора геометрии конструкции печатного узла и размещения	
радиоэлементов из систем PCAD, ACCEL EDA в подсистему ACOHИKA-TM	47
11.2. Описание конвертора геометрии конструкции печатного узла и размещения	
радиоэлементов из систем PCAD, ORCAD в подсистему АСОНИКА-Т	50
11.3. Описание конвертора температур из выходного файла подсистемы	52
АСОНИКА-Т в подсистему АСОНИКА-К	. 52
11.4. Описание конвертора перечня ЭРИ из программ AUTOCAD, P-Cad и из	
промежуточного текстового файла в подсистему АСОНИКА-Р	. 54
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	56

### ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящее пособие написано автором в процессе чтения лекций в Московском институте электроники и математики Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики» по дисциплине «Информационные технологии проектирования электронных средств», предусмотренной учебными планами: для студентов по специальностям 210201.65 «Проектирование и технология радиоэлектронных средств» и 210202.65 «Конструирование и технология электронновычислительных средств», а также для бакалавров по направлению 210200 «Проектирование и технология радиоэлектронных средств» и для магистрантов по направлению 211000.62 «Конструирование и технология электронных средств».

На сегодняшний день информационные технологии проектирования радиоэлектронных средств (РЭС) призваны автоматизировать с помощью ЭВМ решение на промышленных предприятиях важной задачи создания новых высоконадежных РЭС в сжатые сроки. Это особенно актуально для ответственных радиоэлектронных систем и средств народнохозяйственного и оборонного назначения. Проектирование таких систем требует значительных затрат времени. Кроме того, без применения компьютерного моделирования по результатам испытаний опытных образцов РЭС часто имеют место значительные доработки, направленные на устранение недостатков, дефектов, предпосылок к отказам.

На ранних стадиях проектирования РЭС особое внимание должно уделяться математическому моделированию электрических, тепловых и механических процессов. Данное обстоятельство объясняется тем, что перечисленные процессы в наибольшей степени влияют на характеристики надежности РЭС, при этом защита от их негативного влияния на аппаратуру является наиболее сложной. Также следует отметить, что перечисленные процессы тесно связаны между собой, что может приводить к появлению так называемых системных отказов, возникающих в условиях одновременного воздействия нескольких процессов и не проявляющихся, если эти же процессы действуют на объект по отдельности в разные моменты времени.

Так как сложность современных РЭС очень высока, даже опытный специалист уже не в состоянии без применения информационных технологий предсказать результаты комплексного влияния нескольких процессов на характеристики разрабатываемой аппаратуры. Поэтому молодой специалист, хорошо овладевший в вузе математическим моделированием на ЭВМ основных физических процессов, протекающих в РЭС, может оказать помощь даже опытному специалисту, привыкшему принимать проектные решения по интуиции и на основе испытаний.

В настоящее время в проектных организациях применяют программы математического моделирования, позволяющие определять характеристики РЭС до изготовления экспериментальных образцов, что способствует сокращению времени проектирования, уменьшению материальных затрат и в целом обеспечивает более качественные результаты. Одним из распространённых комплексов программ, ориентированных именно на проектирование РЭС, является Автоматизированная Система Обеспечения Надёжности и Качества Аппаратуры — АСОНИКА, разработанная в МИЭМ НИУ ВШЭ в содружестве с Российской академией надёжности и несколькими вузами, которые целевым образом направляли в МИЭМ аспирантов и докторантов. Научным руководителем разработок автоматизированной системы АСОНИКА является автор данного пособия.

В пособии даётся описание некоторых подсистем автоматизированной системы ACOHИKA, которые студенты осваивают в процессе выполнения самостоятельной работы по указанной выше учебной дисциплине. Поэтому данное пособие выпускается с целью быстрее и качественно овладеть студентами техникой работы на автоматизированной системе ACOHИKA.

### **ВВЕДЕНИЕ**

## История создания и развития автоматизированной системы обеспечения надёжности и качества аппаратуры АСОНИКА

Современные направления в теории и практике обеспечения надёжности и качества РЭС, применяемых в различных отраслях народного хозяйства, связаны, прежде всего, с математическим моделированием и с информационной поддержкой всех этапов их жизненного цикла. Фактически речь идёт о надёжностно-ориентированном проектировании, когда почти в каждой проектной работе рассматривается влияние её результатов на показатели надёжности. При этом важная роль отводится именно математическому моделированию протекающих в изделии физических процессов (электрических, тепловых, аэродинамических, механических и др.), определяющих во многом его надёжность.

В определённой мере предпосылкой к созданию автоматизированной системы АСОНИКА было авторское свидетельство № 496573 «Устройство для моделирования колебаний упругих пластин» (Бюл. изобр., 1975, № 47, авторы Кофанов Ю.Н. и Кожевников А.М.). Запатентованная в нём модель, построенная на методе конечных разностей с использованием электромеханической аналогии, до сих пор является основой для механического моделирования печатных узлов, микросборок, стенок корпусов и других плоских деталей электронной аппаратуры при воздействии вибраций, ударов, линейных ускорений и акустических шумов.

На XXXIV Всесоюзной научной сессии, посвящённой Дню радио, в 1979 г. был сделан доклад «Автоматизированная система обеспечения надёжности и качества аппаратуры» (автор – Кофанов Ю.Н.). Так впервые было сформулировано название системы, которая сегодня на промышленных предприятиях и в вузах среди учёных и специалистов по автоматизации проектирования электронных средств, математического моделирования электрических, тепловых, механических и других физических процессов, надёжности и качества радиоэлектронной аппаратуры достаточно широко известна в сокращённом названии АСОНИКА.

Фактически это сокращение среди специалистов, занимающихся созданием высоконадёжных приборов и электронных средств ответственного назначения, стало известным брендом (см. сайт www.asonika.ru).

Тогда же в 1979 г. были созданы типовые методики применения системы АСОНИКА для анализа на ЭВМ электрических, тепловых и механических (при воздействии вибраций и ударов) процессов, протекающих в радиоэлектронной аппаратуре. По этим методикам для КБ точного машиностроения был разработан стандарт предприятия СТП П6-74-79 «Система автоматизированного проектирования РЭА. Диалоговая система проектирования аналоговой РЭА. Правила проведения расчётов» (авторы – Кофанов Ю.Н., Зайцев А.К., Косменко Б.Н., Чернушенко А.М.). В нём впервые был реализован метод комплексного электротеплового моделирования радиоэлектронной аппаратуры при проектировании ракетных снарядов типа ПТУРС с применением ЭВМ типа ЕС.

А уже в 1980 г. в стандартах предприятия СТП БК-44-80 «Методика прогнозирования вибрационного состояния типовых плат на ЭВМ» и СТП БК-91-81 «Методика расчета тепловых режимов электрорадиоэлементов РЭА», разработанных по заказу ЦНИИ Автоматики и гидравлики (авторы – Кофанов Ю.Н. и Кожевников А.М.), впервые была показана эффективность замены испытаний математическим моделированием на ЭВМ для выявления возможных отказов сложной автоматической аппаратуры.

В дальнейшем система АСОНИКА интенсивно развивалась для новых поколений ЭВМ новыми интерфейсами связи с пользователями и с новыми усовершенствованными моделями, требования к которым диктовались практикой их

применения. При этом большое внимание уделялось также системному подходу к комплексному моделированию одновременно протекающих в аппаратуре разнородных физических процессов, а также к исследованию чувствительности выходных характеристик к изменениям внутренних параметров.

Большой вклад в развитие системы АСОНИКА под руководством Кофанова Ю.Н. внесли Шалумов А.С. и Сарафанов А.В., которые на современной научной, методической и компьютерной базе разработали новые версии соответственно подсистем АСОНИКА-М и АСОНИКА-Т, что послужило основой их кандидатских и докторских диссертаций.

Созданию подсистемы диагностического моделирования авторский коллектив системы АСОНИКА-Д обязан, прежде всего, докторской диссертации Увайсова С.У. (консультант Кофанов Ю.Н.) и кандидатской диссертации Долматова А.В. К настоящему времени под научным руководством д.т.н., проф. Увайсова С.У. защищено по данному направлению более 15 кандидатских и докторских диссертаций.

Первая версия подсистемы АСОНИКА-К для ЕС ЭВМ была создана коллективом Жаднов В.В., Кофанов Ю.Н., Куликов В.Н., Мазница Е.М., Подшивалов В.В. и внедрена в учебный процесс МИЭМ в 1981 г. На Всесоюзной конференции молодых учёных и специалистов она заняла первое место.

В 1987 г. Жаднов В.В. защитил кандидатскую диссертацию «Разработка методов обеспечения безотказности аналоговых РЭУ при проектировании». В ней была создана подсистема прогнозирования показателей надёжности по внезапным и постепенным отказам и по расчёту допусков как показателей качества. Публикация была в межвузовском сборнике ЛИАП. На XXXIV Всесоюзной научной сессии, посвящённой Дню радио в докладе Жаднова В.В. и Тумковского С.Р. доложен программный комплекс обеспечения стабильности микросборок, который объединил подсистемы АСОНИКА-Э и АСОНИКА-К. Работы проводились под руководством Кофанова Ю.Н. и Шрамкова И.Г. В 1988 г. этот комплекс завоевал серебряную медаль ВДНХ, а в НТОРЭС им. А.С. Попова авторы завоевали 1 место в конкурсе. В 1991 г. была создана версия для персональных ЭВМ.

В 1991 г. Сарафановым А.В. защищена кандидатская диссертация на тему «Разработка метода автоматизированного проектирования бортовых устройств электропитания с учётом тепловых и механических воздействий», в которой решена задача комплексного исследования тепловых и механических процессов (научный руководитель — д.т.н., проф. Кофанов Ю.Н.). В 2001 г. в выполненной им докторской диссертации на тему «Разработка методологии проектирования бортовых РЭС на базе системной идеологии» решена новая научная проблема, до сих успешно применяемая и модернизированная различными учёными и специалистами.

В 1995 г. создана версия подсистема АСОНИКА-К для изделий автомобильной электроники. В 1997 г. головным институтом 22 ЦНИИИ МО (в числе разработчиков от МИЭМ участвовал академик РАЕН Кофанов Ю.Н.) для комплекса стандартов Мороз-6 был подготовлен специальный руководящий документ (военный) «Принципы применения математического моделирования при проектировании», по которому до сих работают предприятия, разрабатывающие авионику и ракетно-космические РЭС. В данном документе автоматизированная система АСОНИКА рекомендована для обеспечения надёжности и качества аппаратуры, приборов, устройств и оборудования военного назначения.

В 2001 г. создана клиент-серверная версия подсистемы АСОНИКА-К под Windows-2000, по которой получены сотрудниками, студентами и аспирантами МИЭМ: медаль Минобразования РФ «За лучшую научную студенческую работу» и 2 премии НТОРЭС им. Попова А.С., 2 диплома выставки СОФТУЛ с присуждением марки «Продукт года» (2004 г.) и более 40 дипломов Минобразования РФ, НТОРЭС им. Попова А.С., ФОБИНН, Издательского Дома «Технологии», Правительства Москвы,

ВВЦ, Совета ректоров вузов Москвы и Московской области и конкурсов нескольких вузов России.

Проблема создания современного варианта ключевой подсистемы АСОНИКА-К, особенно в части обеспечения надёжности РЭС по внезапным отказам, решена к.т.н. Жалновым В.В.

Всего по тематике, связанной с системой АСОНИКА, под научным руководством Кофанова Ю.Н., было защищено в МИЭМ 32 кандидатских и 8 докторских диссертаций.

Система АСОНИКА имеет приоритетный характер и соответствует передовому мировому уровню.

Разработанная в интересах обороны и народного хозяйства России, она не имеет аналогов, т.к. впервые позволяет решать следующие задачи: 1) комплексное моделирование взаимосвязанных физических процессов; 2) выявление системных отказов, возникающих при взаимодействии наложенных друг на друга нескольких физических процессов; 3) комплексное исследование широкого спектра выходных характеристик РЭС, включая их чувствительность к взаимосвязанным изменениям протекающих процессов; 4) моделирование планируемых натурных испытаний с целью их оптимизации по времени и трудоемкости; 5) замена натурных испытаний математическим моделированием.

Известные универсальные программные комплексы (NASTRAN, ASKA, COSMOS, ANSYS, MARS, ДИАНА и др.) ориентированы на проектирование машиностроительных изделий. Существующие специализированные программные комплексы (например, пакет PRAC, отечественные программы по расчету механических характеристик узлов и блоков РЭС) охватывают лишь узкий круг задач, решаемых автоматизированной системой АСОНИКА, и не предназначены для комплексного моделирования протекающей совокупности физических процессов. Из публикаций известно, что проблема создания в США автоматизированной системы комплексного моделирования разнородных физических процессов в РЭС поставлена, и проводятся исследования по её решению. Но публикаций, свидетельствующих об окончательном решении данной проблемы за рубежом, нет.

Разработка системы АСОНИКА постоянно соотносилась с требованиями промышленности, где она апробировалась и внедрялась. В настоящее время идёт интенсивное освоение системы АСОНИКА в РКК «Энергия», ФГУП «ГосНИИ приборостроения», ОАО «Концерн «Созвездие», ОАО «ЦНИИ «Циклон», ОАО «Концерн «Моринформсистема – Агат» и др.

С 1979 г. и по настоящее время творческий коллектив, разрабатывающий систему АСОНИКА, проводит ежегодные Международные научно-технические конференции и Российские научные школы молодых ученых и специалистов, посвящённые теории комплексного моделирования и практике системного применения разработанных программ, что способствует дальнейшему совершенствованию системы и её распространению в промышленности и вузах.

6 сотрудникам МИЭМ (Кофанову Ю.Н. – руководителю коллектива, Жаднову В.В., Сарафанову А.В., Тумковскому С.Р., Увайсову С.У., Шалумову А.С.) в 2001 г. присуждена Премия Правительства РФ в области науки и техники «за разработку научных основ и внедрение автоматизированной системы комплексного математического моделирования физических процессов в радиоэлектронных средствах».

## 1. СХЕМА КОМПЛЕКСНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОПЕССОВ

Комплексное моделирование электрического, теплового, аэродинамического (гидравлического) и механического процессов в РЭС (до уровня ЭРЭ) с использованием одного программного средства невозможно. Поэтому для его проведения потребуется несколько моделирующих программ, между которыми необходимо поддерживать связь на уровне входных/выходных данных.

Система АСОНИКА включает в себя средства планирования проектов и моделирования электрических, тепловых, механических, аэродинамических и гидродинамических процессов; средства оценки надежности и качества РЭС; диагностические средства. Все перечисленные средства позволяют создать информационную поддержку РЭС на всем жизненном цикле.

Система АСОНИКА обеспечивает дополнение конструкторской документации результатами расчетов и моделями, по которым эти расчеты проведены. Таким образом, на базе системы АСОНИКА формируется электронный виртуальный макет создаваемого изделия, в который помещается вся информация накопленная на всех стадиях жизненного цикла. Виртуальный макет позволяет инженеру моделировать любые процессы в изделии и вносить любые изменения в его конструкцию и схему так, как если бы это был реальный объект.

Схема комплексного моделирования физических процессов и расчетов надежности в системе АСОНИКА показана на рис. 1.1.

Данная схема поясняет механизм внесения изменений в создаваемую конструкцию (электрическую схему и чертеж) на ранних этапах проектирования, которые осуществляются по результатам комплексного моделирования электрического, теплового, аэродинамического и механического процессов, а также показателей надежности.

Блоки схемы представляют автоматизированные операции, выполняемые разработчиками с помощью специализированного программного обеспечения.

Создание чертежей конструкции и электрической схемы устройства производится с помощью систем PCAD, AutoCAD, OrCAD.

Графический ввод конструкции, электрической схемы, моделей физических процессов и надежности может осуществляться как с помощью средств программ моделирования (реализовано в подсистемах системы АСОНИКА), так и с помощью других программных средств, с которыми поддерживаются связь в моделирующих программах (например, графические модели, созданные в системе P-CAD, могут быть импортированы и рассчитаны в системе АСОНИКА-Т);

Широкие стрелки показывают, какой информацией обмениваются программы математического моделирования в процессе анализа комплексной модели и расчета надежности. Согласование и передача информации в процессе проведения сеанса моделирования устройства осуществляется с помощью подсистемы управления процессом проектирования АСОНИКА-У. Исходные данные для моделирования могут быть введены в проблемные САПР вручную или автоматизированно при помощи конверторов. Более подробно о передаче данных между подсистемами будет рассказано в главе 10.

Тонкими сплошными стрелками показаны связи между программными средствами графического ввода и программами моделирования. В некоторых случаях с помощью одной программы может быть создано описание конструкции для анализа на различные виды воздействий, например АСОНИКА-ТМ позволяет моделировать для созданных в ней печатных узлов механические и тепловые процессы.

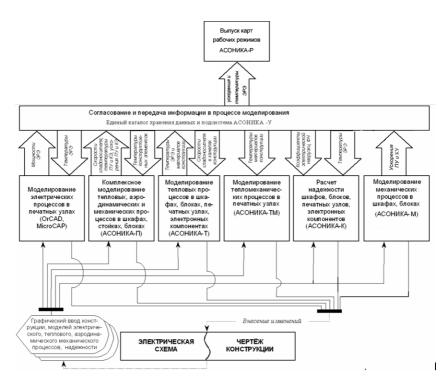


Рис. 1.1. Схема комплексного моделирования физических процессов и расчетов надежности при конструировании РЭС в системе ACOHUKA

### 2. МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Очевидно, что для РЭС одними из важнейших являются электрические характеристики. Среди программ, позволяющих проводить анализ электрических процессов, наиболее известными являются: PSpice, DesignLab, OrCAD, Multisim, Micro-Cap. Моделирование электрических процессов может проводиться в аналоговых, цифровых и смешанных аналого-цифровых устройствах. В процессе моделирования существует возможность учета влияния температуры электрорадиоэлементов (диодов, транзисторов и др.) на электрические характеристики устройства.

В 1984 г. Корпорация Місго Sim создала первую версию программы PSpice, и она до сих пор используется многими инженерами для проведения расчетов электрических процессов в схемах. В основе PSpice лежит программа схемотехнического моделирования SPICE (Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis), разработанная в начале 70-х годов в Калифорнийском университете г. Беркли. Описание электрической схемы производится с помощью специализированного входного языка, который поддерживается многими системами схемотехнического проектирования, такими как: OrCAD, P-CAD, Micro-Cap, Dr. Spice, ACCEL EDA, Viewlogic и др. В более поздних версиях программа совершенствовалась, в частности

появилась возможность моделировать смешанные аналого-цифровые устройства, а с выходом версии для ОС Windows, когда PSpice вошел в состав программной системы Design Center, появилась возможность ввода принципиальных схем с помощью графического редактора. В настоящее время PSpice является составной частью системы OrCAD 9.2, выпускаемой фирмой Cadence Design Systems. Относительно моделирования электрических процессов система OrCAD (PSpice A/D) позволяет проводить:

- расчеты режима по постоянному току;
- расчет частотных характеристик;
- расчет переходных процессов;
- многовариантный и статистический анализ по методу Монте-Карло;
- расчет чувствительности схемы к разбросу параметров элементов.

Кроме этого имеются следующие возможности:

- проведение графического анализа формы сигнала;
- графическое редактирование входных сигналов;
- аналитическое задание входных воздействий;
- полуавтоматическое описание полупроводниковых устройств на основе данных производителя.

Для ввода принципиальной электрической схемы в состав системы OrCAD входят графические редакторы схем OrCAD Capture и PSpice Schematics.

В базе данных аналоговых моделей системы OrCAD содержится около 12 тыс. устройств (диоды, транзисторы, операционные усилители, тиристоры, оптроны, стабилизаторы, нелинейные магнитные устройства и др.).

Система OrCAD кроме описанных программных модулей (OrCad Capture, PSpice Schematics, PSpice A/D) содержит следующие компоненты:

- OrCad Capture CIS (Component Information System) графический редактор принципиальных электрических схем, в состав которого включены средства ведения баз данных компонентов, с возможностью доступа к каталогу компонентов через Internet;
- OrCAD PSpice Optimizer программа параметрической оптимизации, работающая совместно с PSpice A/D и Capture; позволяет задавать кроме линейных также нелинейные целевые функции и ограничения; оптимизация может проводиться как интерактивно с участием пользователя, так и автоматически;
- OrCAD Layout программа графический редактор печатных плат, имеет в своем составе сеточный автотрассировщик проводников (до 16 слоев) и позволят создавать управляющие файлы для фотоплоттеров;
- OrCAD Layout Plus имеет дополнительно к возможностям OrCAD Layout бессеточный автотрассировщик SmartRout;
- OrCAD Layout Engineer's Edition программа для расстановки компонентов на плате и прокладки критических цепей, которую инженер-схемотехник выполняет самостоятельно; программа позволяет просматривать печатные платы, созданные в OrCAD Layout и Layout Plus;
- OrCAD GerbTool программа, предназначенная для создания и редактирования управляющих файлов для фотоплоттеров, запускается из меню OrCAD Layout или Layout Plus;
- Visual CADD графический редактор сборочных чертежей, получающий данные для работы от OrCAD Layout или Layout Plus.

Рассматривая систему OrCAD в качестве средства проектирования печатных плат, следует отметить, что для качественного решения данной задачи OrCAD следует использовать совместно с программами расчета тепловых и механических режимов ЭРЭ

Дело в том, что, как уже упоминалось, РЭС подвергаются воздействию широкого спектра дестабилизирующих факторов, в том числе механических, тепловых, электромагнитных и т.д. Для защиты от этих воздействий может потребоваться изменить точки крепления и толщину печатных плат, добавить новые конструктивные элементы (радиаторы, экраны, тепловые шины, ребра жесткости и т.д.), данные мероприятия практически всегда требуют переразмещения компонентов и, следовательно, должны быть учтены на соответствующем этапе проектирования печатной платы.

### 3. ПОДСИСТЕМА АСОНИКА-Т

Электрические процессы в РЭС тесно связаны с тепловыми процессами, которые в свою очередь взаимосвязаны с механическими процессами. Мощности тепловыделения на ЭРЭ зависят от их токов и напряжений, а температура воздуха и корпуса ЭРЭ оказывает влияние на его параметры, учет этого влияния особенно важен для полупроводниковых приборов. С другой стороны, для ЭРЭ и материалов печатных плат существуют довольно жесткие ограничения по диапазону рабочих температур, нагрев ЭРЭ также отрицательно сказывается на показателях надежности РЭС. От температуры зависит жесткость материалов — параметр, от которого зависят собственные частоты, амплитуды механических колебаний и другие характеристики механических режимов. Поэтому моделирование тепловых и механических процессов является важным этапом в процессе разработки РЭС.

Подсистема АСОНИКА-Т входит в состав автоматизированной системы обеспечения надежности и качества аппаратуры АСОНИКА и предназначена для моделирования тепловых процессов, протекающих в электронных устройствах.

## 3.1. Назначение и технические характеристики подсистемы АСОНИКА-Т

Подсистема АСОНИКА-Т позволяет анализировать следующие типы конструкций:

- печатные узлы (ПУ), функциональные ячейки (ФЯ), микросборки (МСБ);
- радиаторы и теплоотводящие основания;
- блоки этажерочной и кассетной конструкции;
- шкафы, стойки, а также нетиповые (произвольные) конструкции.

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 нетиповых конструкций определяются температуры выделенных изотермических объемов; при анализе типовых узлов – температуры ЭРЭ, а также температурные поля типовых узлов и их интегральные температуры.

Сервисное обеспечение подсистемы АСОНИКА-Т включает в себя Базу данных со справочными геометрическими и теплофизическими параметрами ЭРЭ и конструкционные материалы, графический ввод исходных данных для конструкций, графический вывод результатов расчета.

Программа позволяет решать следующие задачи:

- определение тепловых режимов работы всех ЭРЭ и материалов несущих конструкций с учетом особенностей эксплуатации РЭС различного назначения и внесение изменений в конструкцию с целью достижения заданных коэффициентов тепловой нагрузки ЭРЭ;
- выбор лучшего варианта конструкции аппаратуры с точки зрения ее тепловых режимов из нескольких имеющихся;

- обоснование необходимости дополнительной защиты РЭС от тепловых воздействий:
- создание эффективной программы испытаний аппаратуры на тепловые воздействия путем:
  - моделирования тепловых процессов, возникающих в РЭС при данных условиях испытаний (прогнозирование результатов испытаний);
  - о определения наиболее нагретых элементов, на которых необходимо устанавливать датчики;
  - о установления погрешностей моделирования и испытаний;
  - о определения значений температур в тех местах, где нельзя установить датчики, но можно вычислить эти значения при моделировании.

## 3.2. Состав подсистемы АСОНИКА-Т

В структуру подсистемы ACOHИКA-Т входит графический редактор MTPEditor, который позволяет строить топологические модели тепловых процессов в электронных устройствах. При этом имеется возможность включения в состав модели типовых тепловых макромоделей отдельных компонентов. узлов И конструкций радиоэлектронных средств. Данные макромодели извлекаются из библиотеки, входящей в состав подсистемы, которая может пополняться пользователем самостоятельно. При этом каждая модель может быть настроена под конкретные геометрические размеры и материалы, из которых состоит моделируемый объект. Это позволяют разработчику создавать модельные ряды конструкторско-технологических решений, на основе которых строятся модели более сложных конструкций.

Программный модуль визуализации результатов *MTPViewer* позволяет отображать результаты моделирования тепловых процессов непосредственно на графе топологической модели. Поддерживается также вывод результатов в текстовом и в графическом виде. Для отображения результатов расчета нестационарного процесса строятся графики зависимостей температур участков конструкции от времени. Имеется возможность настройки на шкалы Кельвина, Фаренгейта или Цельсия.

Графический редактор топологических моделей тепловых процессов BoardEditor позволяет:

- Строить в графическом режиме геометрические модели печатных узлов, функциональных ячеек, микросборок. При этом учитывается специфика моделируемого объекта, например тепловые шины, вырезы, слоистые структуры теплостоков, локальные граничные условия и т.д. Для облегчения процесса создания геометрической модели существует специальная база данных радиокомпонентов, содержащая их геометрические и теплофизические параметры, а также параметры вариантов крепления.
- Задавать граничные условия могут как для отдельных поверхностей, так и для локальных зон. При этом применяются следующие виды условий охлаждения:
  - передача тепловой энергии с несущей конструкции через систему теплостоков посредством контактного теплообмена;
  - о теплообмен излучением с соседними конструктивными элементами;
  - о естественная и вынужденная конвекция;
  - о теплопередача к поверхности с заданной температурой через известное тепловое сопротивление.
- Выводить на экран результаты анализа модели в виде полей температур электрорадиоэлементов, печатных плат, коэффициентов тепловой нагрузки, графики зависимости температур компонентов от времени и др.

Предусмотрена также возможность отображения результатов в табличном текстовом виде.

Конвертор топологий печатных плат Conv2triana предназначен для импортирования данных из форматов файлов \*.pcb и \*.pdf в формат подсистемы ACOHUKA-T

Математическое ядро системы (*TrianaMTP*, *TrianaBoard*) основано на методе конечных разностей и имеет в своем составе:

- специализированные программы автоматического синтеза моделей тепловых процессов конструктивных узлов по их геометрической модели и заданным граничным условиям;
- модули для: формирования математических моделей тепловых процессов в стационарном и нестационарном режимах; анализа системы линейных алгебраических уравнений, системы нелинейных алгебраических уравнений или системы обыкновенных дифференциальных уравнений;
- библиотеку аналитических моделей для анализа различных видов теплообмена и их модификаций (около 70 разделов).

## 3.3. Описание входной и выходной информации

Для проведения сеанса моделирования при помощи подсистемы ACOHИКA-T необходима следующая исходная информация.

Для модели тепловых процессов (МТП), разрабатываемых пользователем, требуются:

- эскизы или чертежи исследуемой конструкции РЭС;
- теплофизические параметры материалов конструкции РЭС (коэффициенты теплопроводности, коэффициенты черноты, плотности, удельные теплоемкости):
- мощности тепловыделений в КУ и/или ЭРЭ исследуемой конструкции РЭС;
- условия охлаждения (граничные условия) конструкции РЭС;
- начальные условия (начальное и конечное время работы РЭС, шаги по времени, точность интегрирования, начальное значение температуры).

На основе этих данных в графическом редакторе строится топологическая МТП конструкции РЭС, пример которой показан на рис. 3.1.

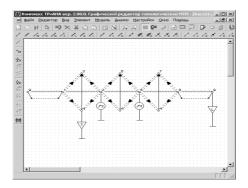


Рис. 3.1. Топологическая модель тепловых процессов

Результаты моделирования помещаются в выходной файл формата *«имя файла.rez»* в виде таблицы (рис. 3.2):

	а Вид Справка	ģ
*** LAU*IN азмерно ачально исло но	З У Л Ь Т О Т Ы М О Д Е Л И Р О В А Н И Я  **********************************	9 45 49 4
N N	Наименование узла модели или фрагмента модели	Значение темп-ры,Град.Ц
1	МПП  Левая панель	30.73
2	MIN  1-4 N9	36.66
	МПП   1-й канал вых.	33.71
3		
3 4	МТП  Возд. вх.	29.01
	МТП  Возд. вх. МТП  2-й ПУ	29.01 39.90
4	(	
4	МТП  2-и́ П9	39.90
4 5 6	МТП  2-й ПУ МТП   2-й канал вых.	39.90 38.28

Рис. 3.2. Фрагмент выходного файла подсистемы АСОНИКА-Т В файле содержатся:

- значения температур конструктивных элементов РЭС;
- значения температур воздушных объемов РЭС.

Значения перечисленных характеристик могут быть получены как для стационарного, так и для нестационарного тепловых режимов (в этом случае в выходном файле будут представлены таблицы для каждого момента времени в заданном диапазоне). Также для нестационарного режима выводится график зависимости температур в узлах топологической модели от времени, который может быть помещен в отчет в качестве картинки (снимка с экрана).

Для теплового моделирования конструктивных узлов (КУ) типа печатный узел (ПУ), функциональная ячейка (ФЯ) или микросборка (МСБ) требуются:

- линейные размеры и теплофизические параметры несущей конструкции КУ;
- ориентация КУ в пространстве;
- коэффициент площади и теплофизические параметры печатных или пленочных проводников;
- количество линий сетки по осям *OX* и *OY*, дискретизирующей тепловое поле КУ при отображении результатов моделирования;
- информация о геометрических параметрах вырезов в КУ;
- информация о геометрических и теплофизических параметрах тепловых шин;
- информация о геометрических и теплофизических параметрах ЭРЭ, установленных на несущей конструкции КУ;
- значения тепловых мощностей, рассеиваемых каждым радиоэлементом, установленным на КУ (определяются в результате моделирования электрических процессов, протекающих в схеме, например, при помощи *OrCAD-9.2, Protel, MicroSim* и т. п.);
- условия охлаждения КУ (условия охлаждения, или граничные условия КУ, получают в результате анализа теплового режима блока или стоечной

- конструкции, в которой он установлен, или берут из ТЗ на проектирование данного КУ);
- начальные условия/определяют параметры, необходимые при моделировании нестационарных тепловых процессов, протекающих в исследуемом КУ/(начальное и конечное время работы КУ, шаги по времени, точность интегрирования, начальное значение температуры.

На основе этой информации в графическом редакторе *MTPEditor* строится модель тепловых процессов (рис. 3.3).

Информация, получаемая в результате моделирования выводится в графическом режиме при помощи постпроцессора в виде теплового поля печатной платы (рис. 3.4), термограмм электрорадиоэлементов (рис. 3.5) и графиков (для нестационарного анализа) (рис. 3.6). Эти данные могут быть помещены в отчет в виде картинок (снимков с экрана).

Также по результатам моделирования создается файл-отчет в формате *«имя файла.rez»* (см. приложение № 2), в котором содержится следующая информация:

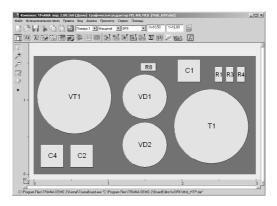


Рис. 3.3. Вид печатного узла в графическом редакторе MTPEditor

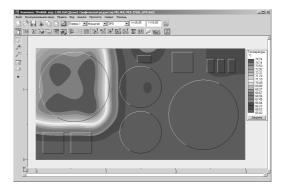


Рис. 3.4. Тепловое поле печатного узла

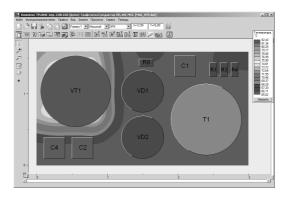


Рис. 3.5. Температуры электрорадиоэлементов печатного узла

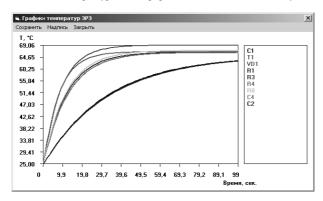


Рис. 3.6. График зависимости температур ЭРЭ от времени

- исходные данные описания объекта моделирования;
  - о описание КУ (информация о геометрических и теплофизических параметрах);
  - о описание ЭРЭ (координаты расположения ЭРЭ на ПУ, информация о геометрических и теплофизических параметрах, значения тепловых мощностей, рассеиваемых каждым радиоэлементом);
  - о описание граничных условий;
- данные, характеризующие решение САУ методом LU-разложения (размерность матрицы (порядок системы), начальное число ненулевых элементов в матрице, число ненулевых элементов в факторизованной матрице);
- стилизованное изображение температурного поля несущей конструкции КУ (печатной платы, подложки, основания ФЯ);
- карта тепловых режимов работы ЭРЭ, установленных на КУ и содержащая следующее:
  - о обозначения ЭРЭ в схеме;

- температуры корпусов или активных зон (если задаются в данных тепловые сопротивления «переход-корпус»);
- о температуры НК КУ в месте установки ЭРЭ;
- о максимально допустимые по ТУ температуры ЭРЭ;
- о коэффициенты тепловой нагрузки ЭРЭ;
- о значения перегревов ЭРЭ (если они произошли);
- для ПУ и ФЯ интегральные тепловые и геометрические характеристики в виде таблицы;
  - о интегральную температуру КУ;
  - о допустимую интегральную температуру КУ (в случае отсутствия перегревшихся ЭРЭ);
  - о суммарную мощность тепловыделения в КУ;
  - о общее количество ЭРЭ;
  - о количество перегревшихся ЭРЭ;
  - о площади поверхностей ЭРЭ, установленных на каждой поверхности КУ;
  - о суммарную площадь КУ;
  - о эффективные толщины слоев ЭРЭ для каждой поверхности КУ;
  - о эффективную толщину КУ в целом.

## 4. ПОДСИСТЕМА АСОНИКА-ТМ

## 4.1. Назначение и технические характеристики подсистемы АСОНИКА-ТМ

Подсистема предназначена для анализа механических и тепловых характеристик печатных узлов (ПУ) и электрорадиоэлементов (ЭРЭ) при тепловых (стационарных и нестационарных) и механических (гармоническая и случайная вибрации, одиночный и многократный удары, линейные ускорения и акустический шум) воздействиях.

Подсистема позволяет проводить:

- анализ стационарных и нестационарных тепловых процессов в ПУ;
- анализ механических процессов в ПУ при воздействии гармонической и случайной вибраций, одиночных ударов и ударов многократного действия, линейных ускорений и акустических шумов с учетом нелинейности механических характеристик;
- анализ механических процессов в ПУ с учетом температуры нагрева участков ПУ и температуры окружающей среды;
- анализ усталостной прочности выводов ЭРЭ.

В результате расчетов на ЭВМ пользователем может быть получена следующая информация:

- температуры корпусов и активных зон ЭРЭ, участков ПУ при стационарных и нестационарных тепловых воздействиях;
- динамические характеристики (ускорения, перемещения и напряжения) ЭРЭ
  и участков ПУ при всех видах механических воздействий в заданный момент
  времени или частоты;
- амплитудно-частотные (АЧХ) и амплитудно-временные (АВХ) характеристики по ускорению, перемещению и напряжению, а также АВХ по температуре в контрольных точках ПУ и на ЭРЭ;
- максимальные напряжения в выводах ЭРЭ и время до их усталостного разрушения при воздействии вибраций и шумов.

#### Подсистема позволяет:

• выявить перегруженные ЭРЭ и обеспечить требуемые по техническим условиям ускорения и температуры;

- определить оптимальный вариант геометрии конструкции аппаратуры и материалы с точки зрения тепловых и механических режимов;
- определить критические места в конструкции для расположения датчиков при испытаниях.

Сервисное обеспечение подсистемы АСОНИКА-ТМ включает в себя Базу данных со справочными геометрическими, теплофизическими и физикомеханическими параметрами ЭРЭ и конструкционных материалов, графический ввод исходных данных для конструкций, графический вывод результатов расчета, интерфейс с системой Р-САD. Подсистема имеет монитор (управляющую программу). Монитор обеспечивает связь между сервисной оболочкой подсистемы и программами, входящими в подсистему. Монитор дает возможность осуществить выбор задач, обеспечить программы входной информацией, организовать процесс управления программным обеспечением подсистемы в соответствии с принятой методикой проектирования РЭС.

## 4.2. Состав подсистемы АСОНИКА-ТМ

Для обращения к подсистеме необходимо войти в подкаталог PU+Block корневого каталога подсистемы ACOHИKA-TM и запустить модуль «PrjView.exe» (монитор подсистемы).

После этого начинается диалог между пользователем подсистемы и ЭВМ, в процессе которого решается поставленная задача.

Монитор подсистемы имеет главное меню. В этом меню имеются следующие пункты: «Проект», «Правка», «Настройка», «Инфо». В пункте меню «Проект» содержатся команды по созданию, сохранению и открытию ранее созданных проектов. В пункте меню «Правка» осуществляется добавление и удаление уровней иерархии конструкции РЭС. В пункте меню «Настройка» производится настройка путей установки подсистемы, настройка программ расчета механических и тепловых характеристик, настройка цветовых палитр. При этом рабочим каталогом является ASONIKA-TM, каталогом ПУ – PU+Block, каталогом таблиц – Db. Команда пункта меню «Инфо» показывает диалоговое окно по использованию ресурсов компьютера.

Помимо главного меню, монитор имеет панель для работы с проектом (рис. 4.1) и инструментальную панель для работы с элементами конструкции.



Рис. 4.1. Инструментальная панель для работы с проектом

Инструментальная панель для работы с проектом содержит следующие команды:

- служит для сохранения проекта, если указатель стоит на Сохр вершине «Проект», иначе ведется процедура формирования файлов для последующих расчетов

 I/F – служит для вызова программы, обеспечивающей интерфейс PCA — ACOHИКА-ТМ и P-Cad
 D



Рис. 4.2. Инструментальная панель для работы с элементами конструкции

Инструментальная панель для работы с элементами конструкции содержит следующие команды:

•		<ul> <li>служит для просмотра выделенного элемента конструкции;</li> </ul>
	Просмот	
	p	
•		- служит для редактирования свойств выделенного элемента
	Свойств	конструкции;
	a	
•	Возд	- служит для ввода механических воздействий для выделенного
		элемента конструкции;
•	Расчет	- служит для проведения различных видов и типов расчета для
		выделенного элемента конструкции;
•		- служит для отображения результатов расчета выделенного
	Результа	элемента конструкции в виде полей виброускорений,
	ТЫ	механических напряжений, перемещений и тепловых полей;
•	Карты	- служит для отображения результатов расчета выделенного
		элемента конструкции в табличном виде.
•		- служит для решения задачи оптимизации параметров.
	Оптими	
	зация	

Кроме монитора в состав подсистемы входят:

- модуль расчета тепловых характеристик (chpar.exe);
- модуль расчета механических, а также комплексных характеристик (mmp.exe);
- модуль анализа усталостных характеристик (analiz.exe);
- модуль анализа полученных результатов (mmpview.exe);
- модуль выбора типа расчета с заданием необходимых параметров (mmpcase.exe);
- модуль определения неопределенных масс и мощностей радиоэлементов (ereparams.exe);
- конвертор платы с размещенными радиоэлементами из систем P-CAD, ACCEL EDA (trans.exe);
- модуль создания многослойных конструкций печатного узла (layers.exe);
- средства работы с базой данных подсистемы.

## 4.3. Описание входной и выходной информации

Для проведения сеанса моделирования механических процессов при помощи подсистемы ACOHИKA-TM необходима следующая исходная информация:

• эскиз (сборочный чертеж) конструкции блока;

- чертежи печатных узлов с перечнем ЭРИ (в электронном виде); для печатного узла, спроектированного в системе P-Cad, нужен выходной файл с расширением pdf;
- марки материалов корпуса блока и печатных плат;
- массы корпуса блока, плат, ЭРЭ;
- способы креплений ЭРЭ к плате;
- максимально допустимые ускорения ЭРЭ по ТУ;
- параметры внешних механических воздействий: для гармонической вибрации
- диапазон частот и амплитуда ускорения, для удара длительность и амплитуда ударного импульса.

Входная информация для моделирования тепловых процессов:

- эскиз (сборочный чертеж) конструкции блока;
- ориентация ПУ в пространстве;
- информация о геометрических параметрах вырезов;
- чертежи печатных узлов с перечнем ЭРЭ (в электронном виде); для печатного узла, спроектированного в системе P-Cad, нужен выходной файл с расширением pdf;
- информация о геометрических и теплофизических параметрах ЭРЭ, установленных на печатном узле;
- значения тепловых мощностей, рассеиваемых каждым радиоэлементом (определяются в результате моделирования электрических процессов, протекающих в схеме, например, при помощи *OrCAD-9.2, Protel, MicroSim* и т. п.);
- условия охлаждения печатного узла (условия охлаждения, или граничные условия, получают в результате анализа теплового режима блока или стоечной конструкции, в которой он установлен, или берут из ТЗ на проектирование).

Для вывода результатов моделирования необходимо войти в пункт главного меню *результат*. Появится окно «Анализ физико-механических характеристик ПУ» (рис. 4.3), где будет предложено выбрать тип дестабилизирующего фактора (гармоническая вибрация, случайная вибрация и др.).

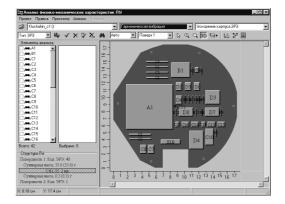


Рис. 4.3. Окно вывода результатов моделирования механических и тепловых характеристик

Результаты моделирования механических режимов в подсистеме АСОНИКА-ТМ представляются в виде графиков, полей и карт режимов работы.

На рис. 4.4 представлена зависимость амплитуды ускорения в контрольной точке от частоты при воздействии гармонической вибрации.

На рис. 4.5 представлено поле ускорений на заданной частоте при воздействии гармонической вибрации.

На рис. 4.6 представлена карта механических режимов работы ЭРЭ при воздействии гармонической вибрации.

Подсистема выдает аналогичные отчеты при исследовании на воздействие случайной вибрации, одиночного (многократного) удара, линейного ускорения и акустического шума.

Графики и поля могут быть помещены в отчет в виде снимков с экрана монитора. Карты механических режимов работы ЭРЭ помещаются в выходные файлы в виде таблиц.

Выходные фаг	илы имеют следующие форматы:
Имя платы _c1.01t	Карта механических режимов работы ЭРЭ при гармонической
	вибрации.
Имя платы _c1.02t	Карта механических режимов работы ЭРЭ при случайной
	вибрации.
Имя платы _c1.03t	Карта механических режимов работы ЭРЭ при ударном
	воздействии.
Имя платы _c1.04t	Карта механических режимов работы ЭРЭ при линейном
	ускорении.
Имя платы _c1.05t	Карта механических режимов работы ЭРЭ при акустическом шуме.
**	9
Имя платы _c1.13t	Карта механических режимов работы ЭРЭ при многократном
	ударном воздействии.
- · · · ·	1

В файле содержится следующая информация:

- обозначения ЭРЭ в схеме;
- максимальные расчетные ускорения ЭРЭ;
- максимально допустимые по ТУ ускорения ЭРЭ;
- коэффициенты механической нагрузки ЭРЭ;
- значения перегрузок ЭРЭ (если они произошли).

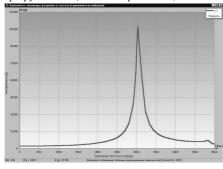


Рис. 4.4. Зависимость амплитуды ускорения от частоты гармонической вибрации

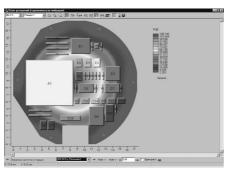


Рис. 4.5. Поле ускорений на заданной частоте при воздействии гармонической вибрации

	: Карта режима   <u>Ф</u>	работы - гармо	эническая вибрац	ня			_ [
_ •	_		АНИЧЕСКИХ РЕЖІ		РЭ		
		(при	гармонической	вибрации)			
N	ОБОЗНАЧЕНИЕ		O P E H H E		КОЭФ-ЕНТ  МЕХАНИЧЕСКОЙ   НАГРУЗКИ	ПЕРЕГРУЗКА	
   п/п	3 P 3	частота,	МАКСИМАЛЬНОЕ   РАСЧЕТНОЕ, 	МНКСИМНЛЬНОЕ   ДОПУСТИМОЕ   ПО Т У,	нигразки   ЭРЭ,	эрэ,	
l	I	[Гц]	[6]	[6]	[ [ОТ.ЕД.]	[e] [	
1	2	3	4	5	J 6	7	
1	A1	303.50	66.88	30.00	2.288	36.00	
j 2	j B1	303.50	44.48	30.00	1.483	14.48	
j 3	į C1	303.50	26.73	30.00	0.891	i i	
j 4	C2	303.50	25.84	30.00	0.861	i i	
j 5	C3	303.50	41.18	30.00	1.373	11.18	
j 6	C4	303.50	14.63	30.00	0.488	i i	
7	C5	303.50	35.44	30.00	1.181	5.44	
j 8	C6	303.50	55.65	30.00	1.855	25.65	
j 9	C7	303.50	16.03	30.00	0.534	i i	
j 10	C8	303.50	12.75	30.00	0.425	i i	
j 11	C9	303.50	30.62	30.00	1.021	0.62	

Рис. 4.6. Карта механических режимов ЭРЭ при воздействии гармонической вибрации

Результаты моделирования стационарного теплового режима. Для вывода полей температур сверху по центру во всплывающем меню выбирается пункт «Тепловое воздействие (стационар)», в пункте «Тип» выбирается «ЭРЭ». Справа во всплывающем меню нужно выбрать пункт «Температура корпуса ЭРЭ». Искомое поле температур представлено на рис. 4.7. Аналогичные поля можно вывести для температур активной зоны ЭРЭ, температур конструктивного узла (КУ) в месте установки ЭРЭ, коэффициентов тепловой нагрузки ЭРЭ, перегревов ЭРЭ. Для этого справа во всплывающем меню нужно выбрать вместо пункта «Температура корпуса ЭРЭ» пункты «Температура активной зоны ЭРЭ», «Температура КУ в месте установки ЭРЭ», «Коэффициент тепловой нагрузки ЭРЭ» и «Перегрев ЭРЭ» соответственно. Поля температур могут быть помещены в отчет в виде снимков с экрана.

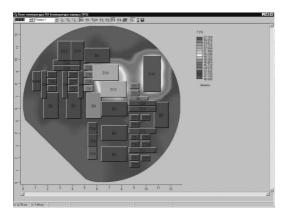


Рис. 4.7. Поле температур печатного узла при стационарном тепловом режиме

Карта тепловых режимов работы ЭРЭ помещается в файл-отчет формата: *Имя платы с1.06t*. В файле содержится следующая информация:

- обозначения ЭРЭ в схеме;
- температуры корпусов или активных зон;
- температуры места крепления ЭРЭ;
- максимально допустимые по ТУ температуры ЭРЭ;
- коэффициенты тепловой нагрузки ЭРЭ;
- значения перегревов ЭРЭ (если они произошли);

Искомая карта режимов представлена на рис. 4.8.

≣ :	336pr	_c1: K	арт	а режима рабо	ты - стацион	арное тепло					
£	♦	4 3	<u>&gt;</u>	<b>୬</b> ♦							
						ГЕПЛОВЫХ РЕ					
					(при ста	ционарном т	епловом во	здеиствии)			_
		1	1		т т	ЕМПЕРА	THPA	3 P 3	KO3Φ-EHT		_ I
		i n	i	ОБОЗНАЧЕНИЕ					ТЕПЛОВОЙ		i
		i	i		PAC	1 E T H A 9	, [°C]	МАКСИМ-НАЯ			i
		170	١į	3 P 3				ДОПУСТИМАЯ	3 P 3,	з Р Э,	ĺ
	ĺ	l	Ĺ		КОРПУСА			јпо ту,	İ	İ	ĺ
		l	-		l	30HM	КЬЕЦИЕНИЯ	[°c]	[[OT.EA.]	[°C]	l
		 I 1		2			1 5	I 6	 1 7	. 8	-
		 							' =======		! =
		1 1	1	B1	42.91	42.91	1 42.98	1 120.00	0.358		ı
		2	i	B2	42.54	42.54	42.60	100.00	0.425	i	i
		3	i	B3	42.91	42.91	42.99	100.00	0.429	ì	i
		4	i	B4	44.17	44.17	44.28	100.00	0.442	İ	İ
		5	- 1	B5	41.91	41.91	41.95	100.00	0.419	l	
		6	- [	B6	42.05	42.05	42.09	100.00	0.421	l	l
		7	ļ	B7	43.36	43.36	43.45	100.00	0.434	ļ	ļ
		8	!	B8 C1	41.81 46.53	41.81 46.53	41.85   46.68	100.00   100.00	0.418 0.465	!	!
		9   10	!	C2	40.53	40.53	1 42.32	100.00   100.00	0.405	!	!
		18   11	- !	C3	42.83	42.83	42.32	1 100.00	0.428	!	!
			_!_		42.83	42.83	1 42.83	1 100.00	0.428	ļ	ļ.

Рис. 4.8. Карта тепловых режимов ЭРЭ при стационарном тепловом режиме

**Результаты моделирования нестационарного теплового режима.** Для вывода зависимости температуры в контрольной точке от времени сверху по центру во всплывающем меню выбирается тип воздействия: *«Тепловое воздействие (нестационар)»*, в пункте *«Тип»* выбирается *«ЭРЭ»*, в пункте *«Элементы анализа»* 

выбирается контрольная точка (КТ). Справа во всплывающем меню нужно выбрать пункт «*Температура корпуса ЭРЭ*». Искомая зависимость представлена на рис. 4.9.

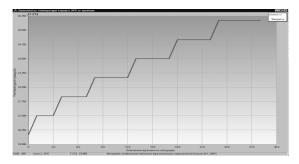


Рис. 4.9. Зависимость температуры от времени

Для вывода полей температур в пункте *«Тип»* выбирается *«Время»*, в пункте *«Элементы анализа»* выбирается либо один момент времени, либо все моменты времени. Справа во всплывающем меню нужно выбрать пункт *«Температура корпуса ЭРЭ»*. Далее нужно нажать кнопку ... Далее во всплывающем меню снизу нужно выбрать необходимый момент времени. Искомое поле температур на заданный момент времени представлено на рис. 4.10. Аналогичные поля можно вывести для температур активной зоны ЭРЭ, температур конструктивного узла (КУ) в месте установки ЭРЭ, коэффициентов тепловой нагрузки ЭРЭ, перегревов ЭРЭ. Поля температур могут быть помещены в отчет в виде снимков с экрана.



Рис. 4.10. Поле температур печатного узла при нестационарном тепловом режиме в заданный момент времени

Карта тепловых режимов ЭРЭ при нестационарном тепловом режиме помещается в файл-отчет формата: *Имя платы с1.06t.* 

В файле содержится следующая информация: 1) обозначения ЭРЭ в схеме; 2) температуры корпусов или активных зон; 3) температуры места крепления ЭРЭ;

4) максимально допустимые по ТУ температуры ЭРЭ; 5) коэффициенты тепловой нагрузки ЭРЭ; 6) значения перегревов ЭРЭ (если они произошли).

Искомая карта режимов представлена на рис. 4.11.

≣ 336pr_c1: Ka fe 🔄 🚈 🕭	рта режима рабо 👌 📣	ты - неста	ционарное	тепло					_   □   >
					В РАБОТЫ Э вом воздей				į
   N   П/П 	   0603НАЧЕНИЕ     3 P 3 	P 6	корпуса	   АКТИВНОЙ		-   МАКС.  ДОПУСТ.  ПО Т У,	јз <b>р</b> з,	ПЕРЕГРЕВ ЗРЭ,	
<u> </u>	J 2	3	4	5	6	j 7	8	9	
1   2   3   4   5   6   7   8   9   18	B1   B2   B3   B4   B5   B6   B7   B8   C1   C2	28.00 28.00 28.00 28.00 28.00 28.00 28.00 28.00 28.00 28.00 28.00	26.82 25.84 24.92 25.26 25.21 25.88 25.33 24.29 22.73 21.78 21.63	20.82   25.04   24.92   25.20   25.21   25.08   25.33   24.29   22.73   21.63	25.92   25.75   26.15   26.03   25.82   26.26   24.88   25.59	128.98   168.98   168.99   168.99   168.99   168.99   169.99   169.99	8.174   8.258   8.249   8.252   8.252   8.251   8.253   8.243   8.227   8.216		

Рис. 4.11. Карта тепловых режимов ЭРЭ при нестационарном тепловом режиме

## 5. ПОДСИСТЕМА АСОНИКА-П

## 5.1. Назначение и технические характеристики подсистемы АСОНИКА-П

АСОНИКА-П – подсистема автоматизированной поддержки профессионального творчества в радиоэлектронике. Данная подсистема позволяет проводить математическое моделирование, в том числе комплексное, электрического, теплового, гидравлического (аэродинамического), механического процессов в РЭС. Моделирование может проводиться в статической, частотной и временной областях. Также подсистема АСОНИКА-П позволяет проводить обучение персонала предприятий (например, на курсах повышения квалификации) и студентов технических вузов комплексному моделированию физических процессов в РЭС.

В процессе проектирования подсистема АСОНИКА-П используется на начальных этапах, когда известны только основные параметры и требования к объекту разработки такие как: масса, габаритные размеры, мощность тепловыделения, параметры окружающей среды, механические воздействия и т.д. В этом случае подсистема помогает разработчику РЭС определить, какие комплектующие, материалы, элементную базу следует использовать при создании изделия, а также определиться с возможными способами отвода тепла и защиты от механических воздействий. Другим случаем проектирования, когда целесообразно применение данной подсистемы, является использование нетиповых конструктивных элементов, расчет которых с помощью других проблемно-ориентированных подсистем системы АСОНИКА не представляется возможным.

Подсистема АСОНИКА-П:

- позволяет проводить моделирование электрических процессов (в статической, временной и частотных областях), комплексное макромоделирование тепловых, аэродинамических и механических процессов в РЭС;
- дает возможность проводить анализ параметрической чувствительности полученных характеристик:

- о в установившемся состоянии;
- во временной области (для тепловых, аэродинамических и механических и процессов);
- частотной области (для механических процессов и комплексных процессов);
- имеет единый простой интерфейс для построения моделей электрических, тепловых, аэродинамических и механических процессов;
- обеспечивает наглядность при отображении результатов расчета (таблицы, графики, диаграммы);
- при анализе моделей предоставляет возможность динамического изменения параметров элементов модели;
- имеет возможность функционирования как в автономном режиме, так и в составе других систем (система АСОНИКА);
- позволяет проводить обучение и контроль знаний проектировщика (включая самообучение и самоконтроль).

### 5.2. Состав подсистемы АСОНИКА-П

Важной составляющей подсистемы АСОНИКА-П является программа комплексного моделирования электрического, теплового, аэродинамического (гидравлического) и механического процессов (далее программа моделирования). Эта программа является основным инструментом, с помощью которого проводится исследование режимов работы конструкции РЭС. Она же используется в процессе обучения как средство выполнения учебных заданий, лабораторных и курсовых работ. Программа моделирования позволяет в значительной мере повысить активность обучающегося и вовлеченность его в обучение, внося в процесс выполнения заданий элементы игры. Данное программное средство обладает рядом свойств, позволяющих повысить производительность работы как в процессе проектирования БЭУ, так и в процессе обучения.

Программа моделирования позволяет:

- моделировать электрические, тепловые, аэродинамические (гидравлические) и механические процессы в технических объектах, в том числе с учётом их взаимного влияния друг на друга;
- использовать для получения требуемых выходных характеристик динамическое изменение параметров модели;
- облегчить создание и изменение модели за счёт параметризации модели;
- использовать параметры элементов и материалов из БД подсистемы АСОНИКА-П;
- пользоваться моделями распространённых технических объектов из БД подсистемы;
- производить обращение к гипертекстовому справочному комплексу для изучения руководства пользователя, описания системы, получения пояснений по работе с моделями и т.д.

Программа моделирования взаимодействует с гипертекстовым справочным комплексом (ГСК), базой данных и сервисными программами. В базе данных производится поиск параметров элементов и материалов. С помощью сервисных программ создаются файлы изображений элементов моделей (LibMaker.exe) и описания параметров моделей элементов или схем замещения (Mmodel.exe).

Программа контроля знаний предназначена для реализации в процессе обучения функций самоконтроля и рубежного (преподавательского) контроля. В первом случае самопроверка обучающегося в ходе изучения определённых разделов дисциплины позволяет обучающемуся самому определить пробелы в знаниях. После прохождения

теста в режиме самоконтроля обучающемуся предоставляется возможность получить пояснения по любому из заданных вопросов. При выполнении рубежного контроля обучающемуся выставляется оценка по результатам изучения разделов дисциплины, которую можно считать независимой по сравнению с субъективной оценкой, выставляемой преподавателем при личном контакте с обучающимся.

Вопросы в программе контроля делятся на два типа:

- вопросы с выбором ответа из нескольких альтернативных вариантов;
- вопросы с пропущенными словами, которые надо подставлять.

Результатом работы программы является список неверных ответов и оценка результатов тестирования обучающегося. Программа контроля знаний связана с базой данных и гипертекстовым справочным комплексом. С его помощью на определённых этапах обучения производится запуск программы контроля знаний в соответствующем режиме. Программы контроля знаний производят обращения к базе данных подсистемы, где хранятся контрольные вопросы и ответы на них.

В *Базе данных* хранится информация, используемая при работе таких составляющих системы, как: программа комплексного моделирования, программа контроля знаний, гипертекстовый справочный комплекс. Опишем данные, содержащиеся в БД подсистемы «АСОНИКА-П» в файлах формата Paradox:

- математические модели РЭС, представляющие собой файлы моделей электрических, тепловых, аэродинамических и механических процессов в РЭС, а также комплексных моделей в формате подсистемы АСОНИКА-П;
- математические модели ЭРИ файлы схем замещения элементов моделей разнородных физических процессов в формате подсистемы АСОНИКА-П;
- параметры элементов и материалов численные значения таких параметров, как.
  - параметры элементов электрических схем, такие как: типономиналы ЭРИ, их электрические, тепловые, механические параметры, геометрические размеры;
  - о тепловые и механические параметры материалов конструкций БЭУ;
  - геометрические, тепловые, механические и аэродинамические параметры элементов конструкций, таких как: амортизаторы, вентиляторы, радиаторы, термоэлектрические модули и т.д.;
- контрольные вопросы файлы, содержащие вопросы к тестам по различным разделам изучаемой дисциплины в формате программы контроля знаний.

Сервисные программы, входящие в состав системы «АСОНИКА-П», предназначены для расширения её возможностей и используются только разработчиками системы.

- Графический редактор создания изображений элементов моделей разнородных физических процессов (LibMaker.exe) позволяет рисовать векторные изображения элементов моделей из графических примитивов и сохранять эти изображения в виде файлов. Нарисованные изображения используются программой моделирования SchMaker.exe при отображении топологических моделей электрических схем и моделей тепловых, аэродинамических и механических процессов.
- Программа подключения математических моделей элементов позволяет задать количество параметров моделей, название каждого параметра, его размерность и связать эти данные с математической моделью элемента топологической модели, заданной в виде схемы (цепи) замещения.

Гипертекстовый справочный комплекс (ГСК) позволяет показывать пользователю логическую структуру информации, содержащейся в БД ГСК, производить ее просмотр, облегчает поиск, разграничивает права доступа к информации различных пользователей. В первую очередь ГСК предназначен для

работы с информацией, представляемой в виде текстовых документов, рисунков, чертежей и эскизов. Логическая структура информации в ГСК отображается в виде древовидной структуры. Отдельные документы могут быть привязаны как к листьям дерева, так и к его узлам. Дерево отображается в левой части окна, содержание документов – в правой части. Для сокращения размера базы данных ГСК архивирует информацию, с которой работает. ГСК позволяет производить поиск информации по ключевым словам в базе данных, просматривать, добавлять, удалять и преобразовывать информацию, содержащуюся в базе данных ГСК.

В состав подсистемы АСОНИКА-П входит база данных ГСК, содержащая следующую информацию:

- руководство пользователя подсистемы документ, описывающий основные характеристики подсистемы, ее функциональное назначение и процесс работы с ней;
- описание подсистемы документ, описывающий структуру подсистемы и отдельных программ, входящих в ее состав, а также входные и выходные данные, с которыми работает подсистема;
- примеры комплексного моделирования физических процессов в БЭУ. Каждый пример является файлом в формате HTML, содержащим:
  - а) задание на проведение моделирования;
  - б) рисунок и/или чертёж технического объекта с геометрическими и физическими параметрами, необходимыми для проведения моделирования;
  - в) изображение модели технического объекта в виде топологической цепи с описанием построения, а также эту модель в виде файла в формате системы «АСОНИКА-П»;
  - г) результаты расчёта модели;
- описания физических эффектов файлы в формате HTML, содержащие текстовое и математическое описание физического эффекта, а также его топологическую модель в подсистеме ACOHИКА-П;
- учебные задания файлы в формате HTML, содержащие задания на проведение моделирования физических процессов в БЭУ, ответы к заданиям, а также пояснения к процессу решения;
- примеры моделирования конструкций БЭУ. Такие примеры также оформлены в виде HTML-файлов и содержат:
  - а) изображение и/или чертёж конструкции БЭУ с указанием геометрических и физических параметров;
  - б) описание конструкции с указанием области применения и особенностей реализации;
  - в) изображение топологической модели с описанием построения и файл модели в формате системы «АСОНИКА-П»;
  - г) результаты моделирования, их анализ и оценку;
- файлы методических указаний к лабораторным и курсовым работам, выполненные в формате HTML и содержащие файл-шаблон для составления отчёта. При выполнении работы непосредственно из её описания могут запускаться: программа комплексного моделирования, программы контроля знаний, ГСК;
- электронные учебники по изучаемым дисциплинам, представляют собой теоретический материал в формате HTML. В процессе работы с материалом обучающемуся предлагается знакомиться с примерами моделирования конструкций БЭУ и их фрагментов, выполнять учебные задания на моделирование, проводить самоконтроль.

### 5.3. Описание входной и выходной информации

Основной возможностью подсистемы АСОНИКИ-П является проведение моделирования (расчета) электрических, тепловых, аэродинамических, механических процессов, протекающих в РЭА.

Исходные данные для расчета требуемых характеристик зависят от вида процесса моделирования и подготавливаются на основе следующей информации:

- техническое задание на разработку изделия;
- эскизы сборочных чертежей.

Далее приведены характеристики, которые можно получить в результате расчетов в подсистеме АСОНИКА-П.

- 1. Электрические характеристики и внутренние параметры схемы:  $\bar{U}^{\bar{9}}, \bar{\phi}^{\bar{9}}, \bar{I}^{\bar{9}}, \bar{U}_{\bar{3}}^{\bar{9}}, \bar{I}_{\bar{3}}^{\bar{9}}, \bar{q}^{\bar{9}}, \bar{P}$ , где  $\bar{I}^{\bar{9}}$  вектор токов,  $\bar{U}^{\bar{9}}$  вектор напряжений,  $\bar{\phi}^{\bar{9}}$  вектор фаз,  $\bar{U}_{\bar{3}}^{\bar{9}}$  вектор заданных напряжений,  $\bar{I}_{\bar{3}}^{\bar{9}}$  вектор заданных токов,  $\bar{q}^{\bar{9}}$  вектор внутренних параметров электрической модели (схемы),  $\bar{P}$  вектор мощностей.
- 2. Аэродинамические характеристики и внутренние параметры макромодели:  $\bar{P}, \bar{Q}^{A}, \bar{V}, \bar{P}_{2}, \bar{Q}_{3}^{A}, \bar{q}^{A}$ , где  $\bar{P}$  вектор давлений воздуха (воды, др. вещества);  $\bar{Q}^{A}$  вектор расходов воздуха (воды, др. вещества),  $\bar{V}$  вектор скоростей воздуха (воды, др. вещества),  $\bar{P}_{2}$  вектор заданных давлений воздуха (воды, др. вещества),  $\bar{Q}_{3}^{A}$  вектор заданных расходов воздуха,  $\bar{q}^{A}$  вектор внутренних параметров аэродинамической макромодели.
- 3. Тепловые характеристики и внутренние параметры макромодели:  $\bar{T}, \mathcal{Q}^T, \bar{T_3}, \mathcal{Q_3}^T, \bar{q}^T$ , где  $\bar{T}$  вектор температур,  $\bar{\mathcal{Q}}^T$  вектор тепловых потоков;  $\bar{T_3}$  вектор заданных температур;  $\bar{\mathcal{Q_3}}^T$  вектор заданных тепловых потоков,  $\bar{q}^T$  вектор внутренних параметров тепловой макромодели.
- 4. Механические характеристики и внутренние параметры макромодели:  $\bar{W}, \bar{I}, \bar{W}_1, \bar{I}_2, q^{\bar{M}}$ , где  $\bar{W}$  вектор перемещений,  $\bar{I}$  вектор импульсов силы,  $\bar{W}_2$  вектор

заданных перемещений,  $\bar{I}_2$  — вектор заданных импульсов силы,  $q^M$  — вектор внутренних параметров механической макромодели.

АСОНИКА-П позволяет наглядно отображать результаты расчета (таблицы, графики, диаграммы) в статическом (стационарном) установившемся режиме. Пример результата расчета электрической схемы в статическом режиме приведен на рис. 5.1.

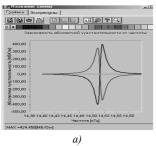
Элемент	Узел1	Направление	Узел2	Напряжение	Tox	Мощность	Чувствительность	
L2	0	٠	3	99,010 [MB]	9,901 [MA]	0,980 [м <del>D</del> ⊤]	-32,353 [нВЮм]	-
R5	4	>	1	13,878 [aB]	0,000 [A]	0,000 [81]	0,000 [В/Ом]	-
R4	3	<	4	13,878 [aB]	0,000 [A]	0,000 [Bt]	0,000 [В/Ом]	
R3	5	×	2	9,901 [B]	9,901 [mA]	98,030 [MBT]	0,324 [нВ/Ом]	
C3	0	<	5	99,010 [мВ]	0,990 [HA]	98,030 [nBτ]	0,000 [В/Ом]	
L3	0	>	5	99,010 [мВ]	9,901 [mA]	0,980 [MBT]	-32,353 [нВ/Ом]	-000

Рис. 5.1. Табличное представление результата расчета электрической схемы в статическом режиме

Результаты статического расчета электрической схемы, тепловой, аэродинамической, механической или комплексной модели (макромодели) в табличном виде могут быть сохранены в формате Microsoft Word.

Графики обычно отражают либо результаты работы схемы или модели в частотной области либо переходные процессы, протекающие в схемах (макромоделях).

Графическое отображение результатов расчета электрической схемы приведено на рис. 5.2.



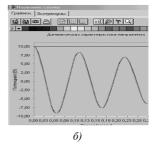


Рис. 5.2. Графическое представление результатов расчета схемы (модели): а) в частотном диапазоне, б) во временном диапазоне

Для теплового процесса предусмотрен вывод результатов расчета тепловой модели (температур в узлах модели) в виде столбиковых диаграмм (см. рис. 5.3.).

Подсистема позволяет передавать изображения графиков и диаграмм в Microsoft Word, что удобно при составлении отчетов.

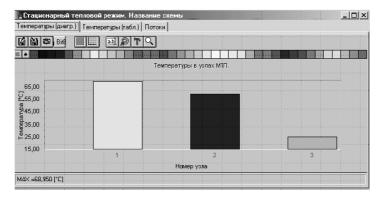


Рис. 5.3. Представление результатов расчета температур в узлах модели в виде столбиковой диаграммы.

## 6. ПОДСИСТЕМА АСОНИКА-К

### 6.1. Назначение и технические характеристики подсистемы АСОНИКА-К

Подсистема АСОНИКА-К представляет собой визуальную среду для обеспечения надежности радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) на ранних этапах проектирования.

### Назначение:

- Расчет показателей надежности и сохраняемости ЭРИ как российского, так и зарубежного производства.
- Расчет надежности изделий, схема расчета надежности которых содержит различные виды соединения составных частей и способы контроля их работоспособности.
- Расчет надежности восстанавливаемых изделий с различными видами резервирования и контроля.
- Анализ результатов расчетов и синтез рекомендаций, направленных на обеспечение требуемого уровня надежности.

#### Особенности:

- Работа с единой БД с использованием технологии «клиент-сервер».
- Расчет надежности ЭРИ на основе данных, приведенных в отечественных справочниках «Надежность ЭРИ», «Надежность зарубежных аналогов» и американском справочнике МІС-НDВК-217.
- Простой дружелюбный интерфейс, основанный на графическом постпроцессоре.

Визуальное представление схемы расчета надежности РЭА упрощает навигацию по проекту. Графическое отображение результатов расчета в виде гистограммы, высота прямоугольников которых пропорциональна значению показателя надежности, а цвет характеризует соотношение между текущим и требуемым уровнем надежности, графическое представление зависимостей показателей надежности от одного или нескольких аргументов (например, эксплуатационной интенсивности отказов от температуры) упрощает анализ полученных результатов и принятие решений.

Справочная часть базы данных подсистемы содержит характеристики надежности ЭРИ различных классов в объеме отечественных справочников «Надежность ЭРИ» 2000 и 2002 годов выпуска, «Надежность зарубежных аналогов» и американского справочника «МІС Hand book-217», что позволяет в одном проекте использовать любые сочетания ЭРИ, номенклатура которых приведена в этих справочниках.

Архивная часть базы данных подсистемы содержит исходные данные и результаты расчетов устройств, что позволяет в текущем проекте использовать результаты ранее проведенных расчетов, заменяя ввод исходной информации в Проектную часть базы данных ее копированием и последующим редактированием. По результатам исследований, содержащихся в проектной части базы данных, формируется отчет в виде *HTML*-документа.

Все эти возможности подсистемы, реализованные в технологии «клиент-сервер» позволяют объединять пользователей по информационному, а не по территориальному признаку, проводить расчеты надежности с использованием глобальных или локальных сетей, на практике применяя технологию надежностно — ориентированного проектирования аппаратуры на базе *CALS*-технологий.

#### 6.2. Состав подсистемы АСОНИКА-К

Математическое ядро подсистемы обеспечивает инвариантность программного кода к изменениям справочных данных и математических моделей и необходимую точность расчетов.

База данных подсистемы обеспечивает хранение параметров моделей надежности ЭРИ и параметров вероятностной модели проектируемой РЭА и защиту от несанкционированного доступа.

В качестве системы управления (СУ) БД подсистемы используется реляционная база данных, позволяющая хранить информацию в виде связанных таблиц. БД

подсистемы состоит из трех частей – справочной части (СЧ), проектной части (ПЧ) и архивной части (АЧ). Ключевыми полями СЧ БД подсистемы являются параметры записи ЭРИ в конструкторской документации. В СЧ БД хранятся численные значения параметров моделей надежности ЭРИ и сами математические модели надежности. СЧ БД имеет интерфейсы связи с математическим ядром подсистемы и интерфейсом администратора БД.

Ключевыми полями СЧ БД подсистемы являются параметры записи ЭРИ в конструкторской документации. В СЧ БД хранятся численные значения параметров моделей надежности ЭРИ и сами математические модели надежности. Объем информации в СЧ БД соответствует объему данных. СЧ БД имеет интерфейсы связи с математическим ядром подсистемы и интерфейсом администратора БД.

Ключевыми полями ПЧ БД являются децимальные номера РЭА. В ПЧ БД хранятся исходные данные и результаты расчета проектируемой РЭА и всех ее компонентов. Объем информации в ПЧ БД соответствует объему данных, необходимых для создания отчета по результатам расчета надежности и работы системы анализа результатов. ПЧ БД имеет интерфейсы связи с математическим ядром подсистемы и интерфейсом пользователя.

Подсистема имеет интерфейс администратора, включающий в себя интерфейсы администратора сервера и администратора БД.

Интерфейс администратора сервера обеспечивает возможность управления доступом пользователей подсистемы и позволяет:

- провести оценку как количества, так и самих ошибок;
- сообщить пользователям об остановке сервера при возникновении экстренных ситуаций (отключения питания, зависания и т.п.);
- оказать помощь в инсталляции подсистемы неопытному пользователю;
- добавить (удалить) пользователей подсистемы.

Интерфейс администратора БД обеспечивает возможность управления СЧ БД подсистемы и позволяет:

- реализовать функции просмотра, корректировки, удаления и добавления информации;
- проводить идентификацию параметров моделей надежности ЭРИ (DNраспределения) и пополнение Базы данных;
- сопровождать СЧ БД подсистемы пользователям, не имеющим специальных знаний и навыков работы на ЭВМ, за счет развитой системы подсказок;
- реализовать *CALS*-технологию сопровождения СЧ БД путем использования интерфейсов связи с электронными версиями нормативно-технической и справочной литературы (ТУ на ЭРИ и справочниками по расчету надежности).

Подсистема имеет справочную систему, которая обладает удобной навигацией, для наглядного представления материала широко используются иллюстрации, а для любого компонента интерфейса пользователя и интерфейса администратора — всплывающие подсказки. Справочная система содержит материалы по теории надежности и качества РЭА, описание коэффициентов, использующихся для расчета и математических моделей, примеры расчета и т.д.

## 6.3. Описание применения подсистемы АСОНИКА-К

Расчетная оценка надежности аппаратуры СВ и ВТ различных классов должна проводиться на всех этапах ее проектирования. Расчеты надежности аппаратуры и ЭРИ различных классов проводятся по данным, приведенным в официальном издании МО РФ и отраслей-разработчиков и изготовителей ЭРИ. Существующую в настоящее время схему информационной поддержки расчетов надежности на предприятиях-

разработчиках и изготовителях аппаратуры можно представить следующим образом (см. рис. 6.1).



Рис. 6.1. Информационная поддержка расчетов надежности

Основой информационной поддержки расчетов надежности является справочник «Надежность ЭРИ» (в печатной или *CD*-версии), который создается на основе результатов исследований специализированных НИИ и с использованием материалов МО РФ и предприятий промышленности, а также официально распространяемое программное средство (ПС) АСРН, в БД которого содержатся те же данные, что и в справочнике «Надежность ЭРИ». Вышеперечисленные издания и ПС передаются службам надежности предприятий-разработчиков и изготовителей аппаратуры. ПС устанавливаются на рабочие станции пользователей и без каких-либо изменений эксплуатируются до момента выхода новой редакции справочника (соответственно и новой версии АСРН). Если принять во внимание, что периодичность издания справочника «Надежность ЭРИ» составляет 2–2,5 года, то в течение всего этого времени пользователи остаются практически полностью без информационной поддержки со стороны разработчиков АСРН.

В то же время применение новых типов ЭРИ, изменение численных значений характеристик надежности и математических моделей эксплуатационной интенсивности отказов, широкое применение в отечественной аппаратуре ЭРИ зарубежного производства требует постоянного обновления программного и информационного обеспечения, т.е. непрерывной информационной поддержки расчетов надежности. Исходя из этого и основываясь на созданных в настоящее время сетевых технологиях, можно предложить следующую концепцию непрерывной информационной поддержки расчетов надежности (см. рис. 6.2), которая на практике позволяет реализовать современные методы проектирования.

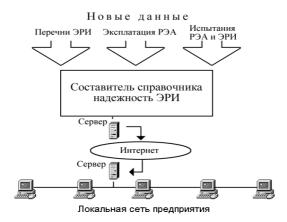


Рис. 6.2. Концепция непрерывной информационной поддержки расчетов надежности

Возможность практической реализации этой концепции основана на использовании программных средств расчета надежности нового поколения, созданных в технологии «клиент-сервер» и непрерывно функционирующих в глобальной сети *Internet*.

K сожалению, новая версия АСРН, которая будет поставляться одновременно с новой, редакцией справочника «Надежность ЭРИ» (хотя уже и созданная под WINDOWS, а не под DOS), не является клиент-серверным приложением.

Выходом в создавшемся положении является, на наш взгляд, использование подсистемы АСОНИКА-К для расчета надежности аппаратуры и ЭРИ различных классов. При создании подсистемы была решена задача инвариантности программного кода к практически любым изменениям информации о надежности ЭРИ (т.е. переизданию справочника «Надежность ЭРИ»). В результате было создано ПС, обладающее уникальными возможностями, реализованными в подсистеме, а именно:

- создание подсистемы в технологии «клиент-сервер»;
- возможность изменения численных значений характеристик надежности ЭРИ;
- возможность изменения математических моделей эксплуатационной интенсивности отказов ЭРИ;
- возможность добавления новых классов ЭРИ;
- возможность изменения окон интерфейса пользователя и т.д.

Другими словами, появление новых данных о надежности ЭРИ приводит лишь к изменению данных в БД, справочной системы и файла инструкций работы клиентской части, хранящихся на сервере подсистемы, без изменения кода программных модулей. Установка сервера подсистемы в глобальную сеть Internet позволяет полностью реализовать концепцию непрерывной информационной поддержки надежности. В этом случае время появления новой информации о характеристиках надежности ЭРИ у конечных пользователей составит не более 1-2 дней с момента ее официального появления. Естественно, что это требует проведения определенных организационно-методических мероприятий co стороны соответствующих подразделений МО РФ.

Другим важным аспектом практической реализации *CALS*-технологий является информационная поддержка непосредственно самого процесса расчетной оценки надежности. Традиционная методика расчета надежности представляет собой то, что

раньше называлось «пакетным режимом»: пользователь сначала вводит всю исходную информацию, проводит расчет, а лишь затем получает результаты. Если же результаты оказываются отрицательными (не удовлетворяют требованиям ТЗ), то это влечет, как правило, проведение повторных расчетов, число которых определяется количеством изменений, вносимых в КРР, ТЗ и т.д.

Подсистема АСОНИКА-К позволяет избежать напрасных трудозатрат, т.к. любое изменение проекта (добавление, изменение или удаление компонента) вызывает автоматический перерасчет показателей надежности РЭА, в результате которого пользователю сообщается о соотношении между требуемым и текущим уровнями надежности. Эта информация отображается в графическом виде в окне постпроцессора интерфейса пользователя (см. рис. 6.3).

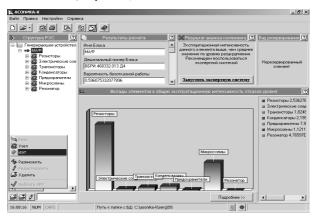


Рис. 6.3. Окно постпроцессора интерфейса пользователя

В любой момент пользователь может запустить систему анализа результатов подсистемы (см. рис. 6.4), с помощью которой он не только может выбрать наиболее целесообразные направления повышения надежности, но и определить необходимые количественные значения (предельно допустимые значения рабочей температуры ЭРИ, число резервных компонентов и т.д.).

После внесения необходимых изменений в проект пользователь может продолжить расчет.

Другими словами, применение подсистемы для расчетной оценки надежности позволяет одновременно решать и задачи обеспечения требуемого уровня надежности, что является практической реализацией *CALS*-технологий при выполнении ПОН.

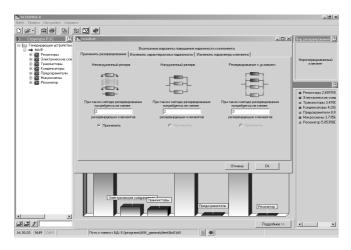


Рис. 6.4. Окно системы анализа результатов

- И, наконец, подсистема позволяет реализовать еще один принцип *CALS*-технологий безбумажный (электронный) обмен данными.
- В состав клиентской части подсистемы входят интерфейсы связи с промышленными САПР (конверторы выходных файлов Р-САD, АСОНИКА-Т) и генератор отчетов, который создает протокол работы подсистемы в электронном виде (в формате HTML) (см. рис. 6.5.).

При установке сервера подсистемы в локальной или глобальной сети подсистема позволяет проводить расчеты надежности как одного РЭС с разных рабочих станций, так и различных РЭС с одной рабочей станции, на основе электронного обмена данными между клиентскими приложениями.

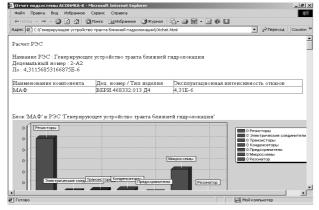


Рис. 6.5. Фрагмент протокола результатов работы подсистемы

#### 7. ПОДСИСТЕМА АСОНИКА-М

### 7.1. Назначение и технические характеристики подсистемы АСОНИКА-М

Подсистема АСОНИКА-М предназначена для анализа ускорений, перемещений и напряжений в конструкциях шкафов, цилиндрических блоков, блоков кассетного и этажерочного типов РЭС при воздействии гармонической вибрации, случайной вибрации, ударов, линейных ускорений.

Входными данными для подсистемы АСОНИКА-М являются чертежи конструкций, а также данные технического задания на разработку изделия. Подсистема АСОНИКА-М включает в свой состав базу данных с геометрическими и физикомеханическими параметрами конструкционных материалов.

Выходными данными подсистемы являются поля перемещений, ускорений, напряжений, а также графики зависимостей ускорений и перемещений от времени и частоты.

После анализа шкафов и блоков результаты моделирования передаются в подсистему АСОНИКА-ТМ для моделирования механических процессов в печатных узлах РЭС.

#### 7.2. Состав подсистемы АСОНИКА-М

Основу подсистемы составляет интегрированная среда (монитор – управляющая программа), осуществляющая ввод конструкции шкафа (блока), выбор типа расчета и задание графиков входных воздействий, а также управление данными между независимыми процессором и постпроцессором и базой данных по конструкционным материалам. Управляющая программа позволяет отслеживать всю иерархию конструкции, осуществляя передачу выходных данных от высшего уровня к низшему, для которого те являются входными данными. Анализ на механические воздействия шкафов, стоек и блоков радиоэлектронных средств (РЭС) проводится на базе расчетного ядра системы ANSYS.

Библиотека типовых элементов для моделирования механических процессов, присутствующая в схеме, создана для многоэтажных шкафов, блоков цилиндрического типа, блоков кассетного и этажерочного типов.

## 7.3. Описание входной и выходной информации

Исходные данные для расчета механических характеристик шкафа и блоков подготавливаются на основе следующей информации:

- техническое задание на разработку изделия;
- эскизы сборочных чертежей.

Чертеж конструкции шкафа (блока) располагается так, чтобы две стороны сечения шкафа (блока) в горизонтальной плоскости были направлены вдоль координатных осей х и у, а ось z – перпендикулярна плоскости сечения.

Для вывода результатов моделирования необходимо войти в пункт главного меню *результат*. Появится окно (рис. 7.1), где будет предложено выбрать тип дестабилизирующего фактора (гармоническая вибрация, случайная вибрация и др.).

Вывод результатов моделирования при воздействии гармонической вибрации. Для вывода зависимостей ускорения, перемещения (прогиба) и напряжения при гармонической вибрации в контрольной точке от частоты сверху слева во всплывающем меню выбирается тип воздействия «Гармоническая вибрация».

В зависимости от того, какую механическую характеристику мы хотим вывести на экран, нажимается кнопка «Ускорения», «Перемещения» или «Напряжение». В

зависимости от того, хотим ли мы вывести суммарную характеристику или по каждой оси в отдельности, нажимается кнопка «Сум.», «Ось Х», «Ось У» или «Ось Z».

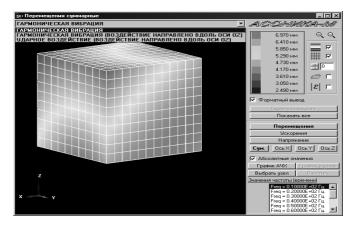


Рис. 7.1. Окно вывода результатов моделирования механических характеристик

Нужно выбрать, какие значения необходимо выводить – абсолютные или входного воздействия). (относительно При нажатии «Абсолютные значения» выводятся перемещения, при нажатии кнопки «Относительные прогибы. Ускорения значения» выводятся выводятся абсолютные, так и относительные. Напряжения выводятся только абсолютные.

Графики можно вывести как в ранее заданных контрольных точках, так и в заданных узлах. Для вывода зависимости в ранее заданной контрольной точке нужно нажать кнопку «График АЧХ» (см. рис. 7.2).

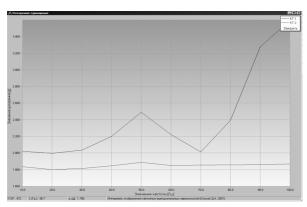


Рис. 7.2. Зависимость амплитуды ускорения от частоты гармонической вибрации

Для вывода зависимости в заданном узле нужно левой кнопкой мыши выбрать пункт «Выбрать узел», а правой кнопкой — выбрать на поле рисунка узел, в котором будет выводиться график. Затем нужно нажать кнопку «График в узлах».

Для вывода полей ускорений, перемещений (прогибов) и напряжений при гармонической вибрации в диапазоне частот внизу справа выбирается значение частоты, а затем выбирается требуемая характеристика. Нажимая последовательно элементы конструкции блока и на кнопку «Скрыть плоскость», можно «открыть» блок. Вернуть все в исходное положение можно, нажав кнопку «Показать все». Для примера на рис. 7.3 показаны абсолютные ускорения в конструкции блока кассетной конструкции по оси Y на частоте 70 Гц.

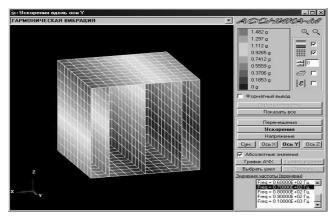


Рис. 7.3. Поле абсолютных значений ускорений на частоте 70 Гц по оси Y при воздействии гармонической вибрации

Убрав галочку в пункте **—**, получим изображение блока без полей, представленное на рис. 7.4.

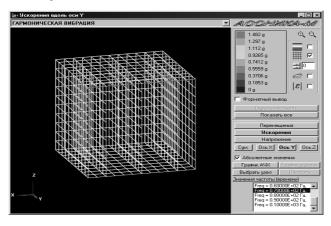


Рис. 7.4. Изображение блока без полей

Убрав галочку в пункте Ш, можно скрыть сетку (см. рис. 7.5).

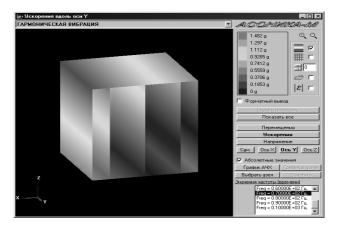


Рис. 7.5. Изображение блока без сетки

Существует возможность увеличить или уменьшить коэффициент увеличения деформаций (см. рис. 7.6).

Результаты моделирования на воздействие случайной вибрации и на воздействие удара аналогичны результатам моделирования на воздействие гармонической вибрации.

Графики зависимостей и поля могут быть помещены в отчет в виде снимков с экрана.

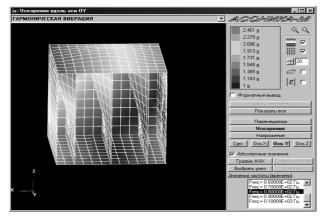


Рис. 7.6. Изображение деформаций

#### 8. ПОДСИСТЕМА АСОНИКА-У

#### 8.1. Назначение и технические характеристики подсистемы АСОНИКА-У

Комплекс взаимосвязанных мероприятий, предназначенных для достижения поставленных задач с четко определенными целями в течение заданного периода времени и при установленном бюджете называется проектом. В качестве проекта в настоящей работе рассматривается процесс проектирования РЭА.

Цель — это желаемый результат деятельности, достигнутый в пределах некоторого интервала времени. Для процесса проектирования целью является выполнение требований технического задания и создание проектной документации с учетом стандартов различного уровня.

Для успешного достижения цели проекта применяют специальные программы, предназначенные для планирования и управления проектами. Их общее назначение заключается в обеспечении менеджера необходимой информацией при планировании и управлении изменениями.

Подсистема АСОНИКА-У является современным средством управления проектами, а именно – средством для многопроектного планирования и контроля.

Подсистема позволяет:

- планировать структуру и последовательность работ;
- рассчитать сроки выполнения работ в календарном режиме времени;
- установить оперативную связь между исполнителями работ;
- доводить до исполнителя текущие корректирующие управленческие решения;
- планировать производственные показатели;
- оптимизировать потоки финансовых, трудовых и материальных ресурсов;

Подсистема АСОНИКА-У обеспечивает основной набор функциональных возможностей, которые реализуются следующими программными средствами.

- 1. Средство построения план-графика процесса проектирования РЭА включает в себя следующие функции:
  - планирование структуры и последовательности работ, используя функциональную модель описания проекта (план-график), включая именование работ, кодирования работ и их типизацию;
  - иерархическое (многоуровневое) представление проекта (агрегирование и декомпозиция);
  - описание связей между работами (назначение предшествующих работ, типы связей, допустимые типы задержек или перекрытий);
  - назначение входных и выходных данных, а также ограничений и управления;
  - оценка корректности построения план-графика.
- 2. Средство описания временных характеристик работ включает:
  - определение сроков начала и окончания работы с учетом максимальной и минимальной длительности работы, назначение вех проекта, описание резервов времени, привязку длительности работ к объему назначенных ресурсов и автоматический пересчет сроков;
  - поддержку календаря проекта (минимальный шаг календаря, наличие праздников в календаре, возможность задавать различные рабочие дни для различных недель, а также обычные рабочие часы);
  - создание диаграммы Гантта (отображение критического пути, расчетных и фактических дат начала и окончания работ, резервов работ, текущей даты, составных работ, возможность изменения временной шкалы).

- 3. Средство поддержки информации о ресурсах и затратах по процессу проектирования и их назначения отдельным работам:
  - ведение списка наличных ресурсов различных типов, номенклатуры материалов и статей затрат, поддержка ресурсов с фиксированной и с переменной стоимостью (зависящей от длительности использования);
  - назначение ресурсов на работы и поддержка диаграмм распределения ресурсов во времени;
  - календарное планирование при ограниченных ресурсах (выделение перегруженных ресурсов и использующих их работ, разрешение ресурсных конфликтов, выбор ресурсов для выравнивания и автоматическое или командное выравнивание с учетом приоритетов работ, ограничений по времени или ограничения на ресурс);
  - поддержка информации о требуемых и доступных объемах ресурса.
- 4. Средство регистрации изменений в процессе проектирования РЭА.
- 5. Средства контроля над ходом выполнения проекта:
  - отслеживание состояния работ процесса проектирования (фиксация плановых показателей проекта и поддержка фактических показателей, расчет процента завершения работ).
  - контроль над фактическим использованием ресурсов (плановое и фактическое количество, стоимость ресурса и объем работ, а также расчет количества и стоимости ресурсов, требуемых для завершения работы).
- 6. Средства создания отчетов включают:
  - отчеты по анализу фактического состояния выполнения работ проекта и сравнения с запланированным;
  - отчеты по потреблению ресурсов и их наличии;
  - отчеты по затратам (могут включать: стоимость отдельных задач, детализацию стоимости задач по ресурсам, стоимость ресурса по задачам, запланированную и фактическую стоимость);
  - отчеты по денежным потокам;
  - функции подготовки отчетов к печати (предварительный просмотр и многостраничная печать).
- 7. Средства работы с несколькими проектами (многопроектное и совместное ресурсное планирование).

## 8.2. Состав подсистемы АСОНИКА-У

В полсистеме АСОНИКА-У можно выделить следующие основные модули:

- программное ядро основная часть программы, реализующая базовые структуры (классы) и предоставляющая важнейшие сервисные функции, необходимые всем дополнительным модулям. Через программное ядро осуществляется обмен данными между модулями;
- редактор план-графика центральный модуль программы, реализует функции редактора план-графика, т.е. позволяет строить функциональную модель проектирования РЭА. Она необходима для отражения хода процесса проектирования, анализа сложившейся ситуации и выработки управляющих рекомендаций;
- редактор календарной модели осуществляет автоматический синтез календарной модели по функциональной модели и указанной продолжительности проектирования РЭА. Результат отображается в виде диаграммы Гантта. Календарная модель необходима для управления

распределением ресурсов и наглядного изображения последовательности и сроков выполнения работ;

- календарь предназначен для описания рабочих дней в неделе и рабочих часов в дне. В этом модуле учитываются праздничные и предпраздничные дни;
- блок распределения ресурсов реализует алгоритмы распределения ресурсов с целью их эффективного и рационального использования;
- блок построения диаграмм строит диаграммы потребности ресурса во времени, необходимы для анализа потребности в ресурсах и выявления конфликтных ситуаций конкурентного использования оборудования, персонала и др. ресурсов;
- блок регистрации изменений осуществляет протоколирование вносимых изменений с целью отслеживания динамики развития проекта и учета в будущих проектах;
- блок оценки корректности построения план-графика позволяет выявить недостатки построенного план-графика и выработать рекомендации по их устранению;
- блок организационно-экономический анализа необходим для оценки эффективности использования ресурсов и учета проектных рисков;
- блок формирования и распечатки отчетов используется для регулярного формирования и распечатки отчетов для руководителей проектированием с целью оценки сложившейся ситуации, выявления отклонений от запланированного развития событий, формализации проблем в реализации проекта для своевременного принятия мер по нормализации ситуации.

## 9. ПОДСИСТЕМА АСОНИКА-Р

### 9.1. Назначение и технические характеристики подсистемы АСОНИКА-Р

Подсистема АСОНИКА-Р предназначена для облегчения и ускорения процесса заполнения карт рабочих режимов электрорадиоизделий (ЭРИ).

После проверки правильности применения ЭРИ в аппаратуре получают данные о результатах оценки номенклатуры, условий эксплуатации, электрических и температурных режимов работы ЭРИ. Эти данные в виде численных значений параметров, характеризующих фактические и требуемые по НТД на ЭРИ условия их эксплуатации и режимы работы, оформляют в виде карт рабочих режимов (КРР).

Комплект КРР в окончательном виде представляется разработчиком аппаратуры на стадии разработки рабочей документации (по результатам испытаний опытного образца). Возможно составление КРР на более ранних стадиях разработки аппаратуры путем проведения расчетов по схемам или по результатам инструментальных измерений на макетах с последующей их корректировкой (по результатам измерений в опытном образце). Этап, на котором составляется КРР, согласовывается с военным представительством на предприятии, разрабатывающем аппаратуру.

В подсистему заложены все возможные формы карт рабочих режимов последней редакции (2000 года).

Подсистема имеет необходимую базу данных, где находится информация о предельных значениях параметров ЭРИ, взятая из нормативно-технической документации (НТД). После задания пользователем перечня ЭРИ подсистема автоматически заносит информацию для каждого ЭРИ из базы данных в карты режимов в колонки «По НТД». При этом при верстке карты автоматически осуществляется сравнение значений параметров «В схеме» со значениями «По НТД» (кроме формы 4 «Карта оценки номенклатуры ЭРИ и сведений о соответствии условий

их эксплуатации и показателей надежности требованиям НТД»). Значения «В схеме» выделяются красным цветом, если они превышают соответствующие значения «По НТД».

Результаты работы – заполненные карты режимов ЭРИ – автоматически конвертируются подсистемой в текстовый процессор WORD, где они могут быть отредактированы и распечатаны в формате АЗ и А4.

Перечень ЭРИ, для которых нужно получить карты рабочих режимов, может быть введен как вручную пользователем, так и путем конвертирования из выходных файлов систем AUTOCAD и P-Cad.

# 10. ХРАНЕНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ ДАННЫМИ В ПРОЦЕССЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Современная методология проектирования, производства и эксплуатации РЭС должна быть согласована с основными принципами *CALS*-технологий. Тем более, что заказчики и покупатели РЭС в настоящее время все чаще требуют документацию в электронном виде. Далее будет рассмотрена технология хранения и управления данными о РЭС, являющейся примером применения *CALS*-технологий.

Проблема отслеживания процесса продвижения информации и управления документами при проектировании сегодня приобретает особую остроту. Инженеры, первоначально освоив САПР как средство повышения удобства при проектировании новых РЭС, значительно повысили производительность своего труда. Однако оказалось, что теперь даже простое сопровождение новых проектов с отслеживанием изменений и регистрацией утверждений без автоматизации становится тяжелой задачей.

Для эффективного управления процессом проектирования РЭС необходимо структурировать существующую информацию и обеспечить менеджмент информационных потоков проекта.

Обмен информацией между проблемными подсистемами системы АСОНИКА реализуется с помощью Единого каталога хранения данных и подсистемы управления процессом проектирования АСОНИКА-У. Посредством подсистемы АСОНИКА-У осуществляется доступ пользователя к данным технического задания и электронному макету конструкции РЭС. Подсистема АСОНИКА-У указывает на место хранения данных в Едином каталоге, и далее эти данные поступают в проблемные подсистемы в качестве исходных данных для моделирования.

Единый каталог аккумулирует все циркулирующие внутри лаборатории данные по проектированию РЭС, а подсистема АСОНИКА-У осуществляет планирование процессов и пошаговый контроль — иначе говоря, подсистема АСОНИКА-У является идеальным рабочим местом руководителя проекта. О важности такого рода систем свидетельствует хотя бы такой известный факт, что только 25% рабочего времени персонала компании, начиная от проектировщика и кончая руководителем проекта, тратится на собственно творческую работу, остальное — это поиск информации и стыковка потоков данных, поступающих от разных подразделений предприятия.

Назначение Единого каталога хранения данных об изделии – собрать всю информацию об РЭС в едином месте и обеспечить совместное использование этой информации в процессах проектирования, производства и эксплуатации.

Функции Единого каталога состоят в следующем.

- 1. Обеспечить накопление, хранение данных об РЭС, включающих в себя:
  - структуру и состав РЭС с учетом версий (модификаций) и условий комплектации, то есть перечень, соподчиненность и условия вхождения в сборку компонентов РЭС (например: шкаф, функциональная ячейка, печатный узел);

- геометрические трехмерные модели компонентов РЭС (выполненные с помощью программ Компас 3D или Solid Works);
- конструкторскую текстовую и графическую документацию на изделие в целом и его компоненты (технические задания, рабочие проекты, расчетные и пояснительные записки, наброски и эскизы конструкции, геометрические модели и т.д.);
- результаты электрических, тепловых, механических, аэродинамических и надежностных расчетов (выполненных с помощью программ системы ACOHИKA);
- данные о согласованиях и утверждениях на РЭС в целом и его компоненты.

Данные могут вноситься пользователем как вручную, так и импортироваться из CAD (САПР) систем (АСОНИКА-Э, АСОНИКА-П, АСОНИКА-ТМ, АСОНИКА-К, Р-CAD, SOLIDWORKS и др.).

- 2. Обеспечить периодическое резервное копирование хранимых данных (возможно резервирование, как всех данных целиком, так и особо важных фрагментов).
- Обеспечить оперативный доступ к информации об изделии с контролем прав доступа.

В соответствии с этими требованиями была сформирована Структура Единого каталога хранения данных, которая приведена ниже.

Физически Единый каталог располагается на машине SRV-1. Во избежание потери данных происходит постоянное дублирование хранимой информации на аппаратном уровне (используется RAID-1), кроме того, периодически происходит резервное копирование содержимого Единого каталога на машину ASONIKA-4.

Контроль прав доступа к содержимому Единого каталога осуществляется на основе групповых политик с помощью встроенных средств операционной системы Windows Server 2000.

На первом уровне Единого каталога содержатся папки, названия которых соответствуют названиям разрабатываемых изделий.

На втором уровне содержатся папки, соответствующие подсистемам системы ACOHИKA и другим САПР, которые используются при проектировании данного изделия.

На третьем уровне содержатся папки, соответствующие компонентам конструктивной иерархии разрабатываемых изделий.

```
\\Srv-1\shared\ACOHИКА\БНК-3\
       \\Srv-1\shared\ACOНИКА\БЦВМ\
       \\Srv-1\shared\ACOНИКА\Название изделия\
       \\Srv-1\shared\ACOНИКА\Название изделия\P-CAD\
       \\Srv-1\shared\ACOНИКА\Название изделия\ACOНИКА-К\
       \\Srv-1\shared\ACOНИКА\Название изделия\ACOНИКА-М\
Уровень №2
       \\Srv-1\shared\ACOНИКА\Название изделия\ACOНИКА-П\
       \\Srv-1\shared\ACOНИКА\Название изделия\ACOНИКА-Р\
       \\Srv-1\shared\ACOНИКА\Название изделия\ACOНИКА-Т\
       \\Srv-1\shared\ACOНИКА\Название изделия\Документация\
       \\Srv-1\shared\ACOНИКА\Название изделия\Отчет\
       \\Srv-1\shared\ACOНИКА\Название изделия\ACOНИКА-ТМ\
Уровень №3
       \\Srv-1\shared\ACOHИKA\Название изделия\ACOHИKA-TM\15.01.04\
       \\Srv-1\shared\ACOHИКА\Название изделия\ACOHИКА-TM\25.01.04\
       \\Srv-1\shared\ACOНИКА\Название изделия\ACOНИКА-ТМ\03.02.04\
       \\Srv-1\shared\ACOHИKA\Название изделия\ACOHИKA-TM\03.02.04\336PR\
V pobern Ne4
       \\Srv-1\shared\ACOHИKA\Название изделия\ACOНИKA-TM\03.02.04\Istochnik_pit\
       \\Srv-1\shared\ACOHИKA\Название изделия\ACOHИKA-TM\03.02.04\okb_igevsk\
       \\Srv-1\shared\ACOHИKA\Название изделия\ACOHИKA-TM\03.02.04\okb_igevsk2\
       \\Srv-1\shared\ACOНИКА\Название изделия\ACOНИКА-ТМ\03.02.04\Название компонента\
       \\Srv-1\shared\ACOHИКА\Название изделия\ACOHИКА-ТМ\03.02.04\Название
Уровень №5
       компонента\отчет.doc
       \\Srv-1\shared\ACOHИКА\Название изделия\ACOHИКА-ТМ\03.02.04\Название
       компонента\test.dat
       \\Srv-1\shared\ACOНИКА\Название изделия\ACOНИКА-ТМ\03.02.04\Название компонента\
```

В том случае, если расчеты проводятся неоднократно, к структуре добавляется четвертый уровень, соответствующий номеру версии результатов моделирования (или дате проведения расчета).

На последнем уровне структуры непосредственно хранятся данные, которые касаются данного расчета, а именно:

- исходные файлы в формате подсистемы, на которой был произведен расчет.
- файлы результатов в формате подсистемы, на которой был произведен расчет.
- в том случае, если результаты моделирования представляют из себя графики и/или поля, то должен быть сформирован файл-отчет (в формате doc или html), в который необходимо поместить снимки экрана и соответствующие пояснения.

Кроме того, информация о результатах моделирования помещается в гипертекстовый справочный комплекс подсистемы АСОНИКА-У.

Для этого после окончания моделирования инженер должен сформировать файл в формате HTML, где должны содержаться следующие данные.

- Описание исходных данных для моделирования.
- Описание процесса моделирования, в том числе должны быть приведены модели.
- Результаты моделирования в виде таблиц, графиков, полей и пояснений к ним.
- Выводы по результатам моделирования.
- Пути к папкам Единого каталога, где содержатся исходные данные и результаты моделирования

Данный файл помещается в ГСК и ассоциируется с блоком, описывающим данную работу. Таким образом, система ACOHИKA обеспечивает дополнение

конструкторской документации результатами расчетов и моделями, по которым эти расчеты проведены. На базе системы АСОНИКА формируется электронный виртуальный макет создаваемого изделия, в который помещается вся информация, накопленная на всех стадиях жизненного цикла. Виртуальный макет позволяет инженеру моделировать любые процессы в изделии и вносить любые изменения в его конструкцию и схему так, как если бы это был реальный объект.

## 11. ОПИСАНИЯ КОНВЕРТОРОВ ДАННЫХ МЕЖДУ ПОДСИСТЕМАМИ СИСТЕМЫ АСОНИКА И СТОРОННИМИ САПР

## 11.1. Описание конвертора геометрии конструкции печатного узла и размещения радиоэлементов из систем PCAD, ACCEL EDA в подсистему АСОНИКА-ТМ

Процесс создания нового файла с данными для моделирования может быть осуществлен при помощи специального конвертора, позволяющего считывать данные о геометрических характеристиках платы и установленных на ней компонентах. Сведения об остальных физических свойствах элементов конструкции могут быть введены вручную, либо автоматически выбраны из базы данных системы АСОНИКА-ТМ.

Формат файла определяется автоматически, и в зависимости от этого вызывается соответствующая функция чтения, либо выдается сообщение о том, что данный формат программе неизвестен. В настоящее время реализованы функции чтения файлов систем ACCEL EDA версий 12...15, PCAD 2000, PCAD 2001, а также универсального формата PDIF.

Взаимодействие с базой данных (БД) системы АСОНИКА реализовано посредством механизма ВDЕ. Из БД пользователь может выбрать материал печатной платы, а также теплофизические характеристики компонентов. Конвертор может автоматически осуществлять поиск в БД типов компонентов, описанных во входном файле, и считывать соответствующие им данные.

Работа конвертора построена следующим образом. Войдя в подсистему АСОНИКА-ТМ, нужно сохранить новое имя проекта и нажать кнопку «I/F PCAD». В появившемся окне (рис. 11.1) указываются имена выходного и выходного файлов. При выборе входного файла из него автоматически считывается информация о размерах платы и расположенных на ней компонентах. А также указываются дополнительные опции, такие, как необходимость использования базы данных системы АСОНИКА, формирования в выходном файле данных для расчета тепловых и механических характеристик, усталостной прочности.

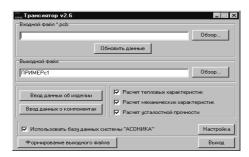


Рис. 11.1. Вид основного окна программы

Затем пользователь имеет возможность ввести дополнительную информацию об изделии (рис. 11.2), указать материал платы и его характеристики путем выбора из базы данных (рис. 11.3).



Рис. 11.2. Ввод данных об изделии

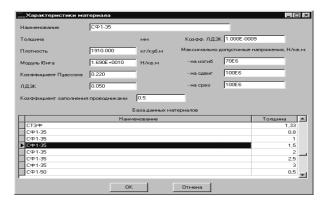


Рис. 11.3. Выбор материала платы

Окно редактирования тепломеханических характеристик компонентов приведено на рис. 11.4. Если в основном окне программы отмечен пункт «Использовать базу данных системы АСОНИКА», то параметры компонентов будут автоматически считаны из базы. Если элемент есть в базе данных, то его имя в списке типов компонентов будет отображено черным цветом, в противном случае – красным, и его параметры будут выставлены по умолчанию.

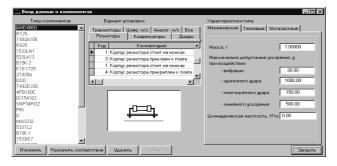


Рис. 11.4. Ввод и редактирование тепломеханических характеристик компонентов

Для типов компонентов можно также назначать соответствия, то есть выбрать его характеристики из базы данных, которые соответствуют компоненту с другим именем (рис. 11.5).

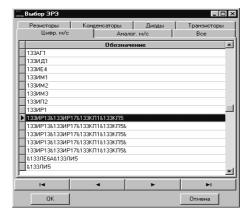


Рис. 11.5. Назначение соответствия

По окончании ввода всех необходимых данных возвращаемся в основное окно программы и нажимаем кнопку «Формирование выходного файла». В результате будет создан файл с расширением \*.tip со всеми необходимыми данными для расчета.

По завершении работы интерфейса связи с системой PCAD запускается программа расчета неопределенных параметров ЭРЭ, главное окно которой показано на рис. 11.6. Данный интерфейс предназначен для расчета масс и мощностей ЭРЭ, исходя из полной массы и потребляемой мощности всего ПУ, согласно площади, занимаемой ЭРЭ.

Расчет параметров типе Таблица параметров		Э:			×		
THIN KOPINGA  ▼ \$14H04866  ▼ \$1714924185  ▼ \$174924185  ▼ \$17531413  ▼ (+) \$18194-2  ▼ \$1418-1725  ▼ \$128254	: N 3P3 : 1 : 6 : 9 : 2 : 2 : 1 : 11 : 1	3 : Syct 3P3, : 4997,82 : 22,71 : 16,93 : 48,39 : 141,94 : 141,94 : 169,35 : 32,29 : 1758,58	: 0 : 0 : 0 : 0 : 0 : 0 : 0 : 0	: 0 : 0 : 0 : 0 : 0 : 0 : 0 : 0	BT.:		
♥ %1DDD ♥ %1T492D336	: 1 : 4	: 956,9 : 80,44	: 0 : 0	: 0 : 0	: .		
Плотность материала ПУ, [ът.м^э]   1910   Суммарная масса ПУ, [гр]   100   / Габариты ПУ, [ман]   200   х   100   х   1.5   Суммарная мощность ПУ, [Вт]   1   Ф Добавить   — Удалить   № Расчет масс							

Рис. 11.6. Главное окно программы EREParams.exe

В таблице параметров типов ЭРЭ приведены все типы радиоэлементов, размещенных на импортируемом ПУ, с указанием количества ЭРЭ, занимаемой площади, массы и мощности для каждого элемента типа.

Команда «Добавить» служит для добавления нового типа ЭРЭ, а команда «Удалить» – для удаления существующего типа.

В расчете участвуют только типы, помеченные галочкой. Типы, имеющие признак  $\ll$ (+)», принимаются с фиксированными значениями масс и мощностей (вводятся в интерфейсе с PCAD).

Для расчета необходимо задать

- плотность материала основания ПУ;
- габариты ПУ (длина ширина толщина);
- полную массу ПУ;
- потребляемую мощность ПУ.

По завершении работы рассчитанные массы и мощности автоматически заносятся в выходной файл, который затем считывается управляющей программой.

# 11.2. Описание конвертора геометрии конструкции печатного узла и размещения радиоэлементов из систем PCAD, ORCAD в подсистему АСОНИКА-Т

Процесс создания нового файла с данными для моделирования может быть осуществлен с помощью специального конвертора, позволяющего считывать данные о геометрических характеристиках платы и установленных на ней компонентах. Работа конвертора построена следующим образом.

Для запуска конвертора необходимо выбрать пункт меню:  $\Phi$ айл $\rightarrow$ *Импорт* $\rightarrow$ *Импорт топологии* (рис. 11.7).

После запуска конвертора с помощью меню  $\Phi$ айл $\rightarrow$ Uмпортировать необходимо выбрать систему, из которой вы хотите импортировать данные. В настоящее время реализованы функции чтения файлов систем ORCAD и PCAD 4.5, 8.5, 8.6, 8.7, 2000, 2001 (рис. 11.8).

Далее осуществляется настройка конвертора на конвертирование данных из одного или двух файлов (рис. 11.9) (данная ситуация возникает, когда на основание функциональной ячейки крепятся две гибких печатных платы).

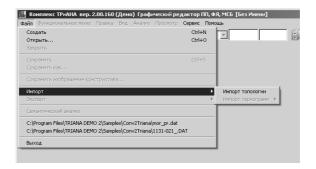


Рис. 11.7. Меню «Импорт топологии»

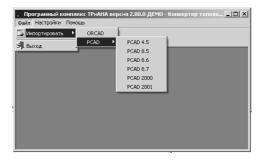


Рис. 11.8. Подключение данных из системы Р-САД

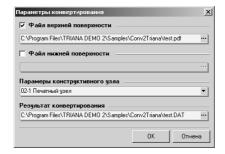


Рис. 11.9. Окно выбора параметров конвертирования

Для этого необходимо в полях *Файл верхней поверхности* (*Файл нижней поверхности*) указать пути к файлам системы PCAD с исходной информацией.

В нашем случае исходные данные для моделирования хранятся централизованно в едином каталоге, и путь будет выглядеть следующим образом:

#### \\SRV-1\shared\ACOHUKA\HA3BAHИЕ ИЗДЕЛИЯ\Р-CAD\HA3BAHИЕ КОМПОНЕНТА\test.pdf

Далее в выпадающем списке *Параметры конструктивного узла* необходимо выбрать тип конструктивного узла, который вы хотите промоделировать (микросборка, печатный узел или функциональная ячейка).

После успешной конвертации данных конвертором создается файл, с именем, которое указано в поле *Результат конвертирования* (по умолчанию задается имя, аналогичное имени файла в системе P-CAD, но с расширением "*DAT*").

Данный файл можно загрузить в подсистему АСОНИКА-Т посредством меню Файл — Открыть. В результате выполнения указанных функций на экран ПЭВМ выводится формализованная схема размещения ЭРЭ на печатном узле (рис. 11.10).

При этом следует учесть, что все ЭРЭ аппроксимируются прямоугольниками или окружностями.

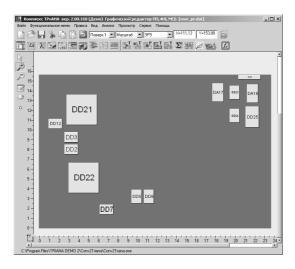


Рис. 11.10. Внешний вид импортированной платы в графическом редакторе ПК ТРиАНА

## 11.3. Описание конвертора температур из выходного файла подсистемы АСОНИКА-Т в подсистему АСОНИКА-К

Для подключения выходного файла подсистемы АСОНИКА-Т необходимо проделать следующую последовательность действий.

Для запуска конвертора необходимо выбрать пункт меню:  $\Pi paska 
ightharpoonup \Pi paska 
ig$ 

В появившемся окне «Открыть» (см. рис. 11.12) Вы должны:

 в поле «Папка» выбрать ту папку, в которой находятся выходные файлы подсистемы АСОНИКА-Т. В нашем случае файлы подсистемы АСОНИКА-Т хранятся централизованно в едином каталоге, и путь будет выглядеть следующим образом:

\\SRV-1\shared\ACOHИКA\HA3BAHИЕ ИЗДЕЛИЯ\ACOHИКА-Т\HA3BAHИЕ КОМПОНЕНТА\;

 выбрать файл, в котором находятся результаты теплового расчета Вашего изделия;

<u>Примечание</u>: тип файла .rez.

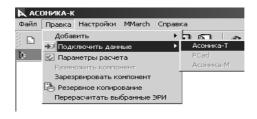


Рис. 11.11. Подключение данных подсистемы АСОНИКА-Т

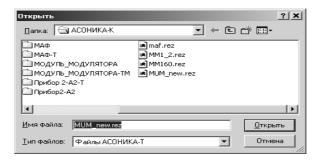


Рис. 11.12. Открытие файла подсистемы АСОНИКА-Т

- нажать кнопку «Открыть»;
- на появившейся форме «Интерфейс связи с подсистемой АСОНИКА-Т» (см. рис. 11.13) нажать кнопку конвертора».

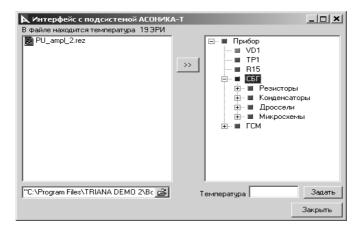


Рис. 11.13. Ввод температур ЭРИ из выходного файла подсистемы АСОНИКА-Т

<u>Примечание:</u> на СРН, представленной в правом окне Интерфейса связи с подсистемой АСОНИКА-Т, СЧ, для которых были найдены температуры всех ЭРИ, окрашены в зеленый цвет. Если же хотя бы для одного ЭРИ температура не найдена, то он и все СЧ, в расчете надежности которых он участвует, вплоть до изделия, окрашиваются в красный цвет.

Если температуры ЭРИ содержатся в нескольких файлах, Вы можете подключать их последовательно. Для этого следует открыть левое нижнее окно Интерфейса связи с подсистемой АСОНИКА-Т и конвертировать.

Для тех ЭРИ, которые так и не были найдены в выходных файлах подсистемы АСОНИКА-Т, Вы можете задать температуру. Для этого:

- выберите элемент, для которого вы хотите задать температуру;
- в правом нижнем окне Интерфейса связи с подсистемой АСОНИКА-Т введите значение температуры, [°C];

• нажмите кнопку «Задать».

На этом импорт температур ЭРИ из выходного файла подсистемы АСОНИКА-Т завершен. Для получения характеристик надежности изделия с учетом температур, полученных из файла подсистемы АСНИКА-Т, необходимо провести перерасчет.

# 11.4. Описание конвертора перечня ЭРИ из программ AUTOCAD, P-Cad и из промежуточного текстового файла в подсистему АСОНИКА-Р

Перечень ЭРИ, для которых нужно получить карты рабочих режимов, может быть введен как вручную пользователем, так и путем конвертирования из выходных файлов систем AUTOCAD и P-Cad.

Программа имеет встроенный конвертор для файлов AUTOCAD с расширением \*.dxf и файлов P-Cad со следующими расширениями:

pcb – для ACCEL EDA, P-Cad 2000;

pdf – для P-Cad 4.5.

Кроме того, конвертация перечней ЭРИ из любой системы может осуществляться через промежуточный текстовый файл, структура которого представлена ниже.

**Конвертирование перечня ЭРИ из программы AUTOCAD.** Для этого необходимо войти в пункт меню «Списки», «Открыть» и выбрать в пункте «Тип файлов» файлы AutoCad (см. рис. 11.14). После этого появляются предварительно записанные в каталог Spis выходные файлы AutoCad с расширением dxf.



Рис. 11.14. Внешний вид подсистемы АСОНИКА-Р.

Если ЭРИ имеется в базе данных, то при открытии списка в первом столбце «Наличие» появляется знак «+». Если такой значок отсутствует, значит, данного ЭРИ нет в базе данных. Можно выбрать аналог из списка базы данных. Либо нужно занести этот элемент в базу данных.

Если какие-либо элементы не считываются при конвертировании, необходимо добавить их дополнительно вручную

ВНИМАНИЕ: на конвертирование файла необходимо некоторое время (до 1-2 минут в зависимости от объема файла). Пока на экране написано «Ожидайте открытия списка», конвертирование не закончено.

**Конвертирование перечня ЭРИ из программы Р-Саd.** Для этого необходимо войти в пункт меню «Списки», «Открыть» и выбрать в пункте «Тип файлов» файлы Р-

Cad \*.pdf для программы P-Cad 4.5. Для ACCEL EDA и P-Cad 2000 можно указывать как файлы \*.pcb, так и \*.pdf.

Если ЭРИ имеется в базе данных, то при открытии списка в первом столбце «Наличие» появляется знак «+». Если такой значок отсутствует, значит, данного ЭРИ нет в базе данных. Можно выбрать аналог из списка базы данных. Либо нужно занести этот элемент в базу данных.

Если какие-либо элементы не считываются при конвертировании, необходимо добавить их дополнительно вручную.

**Требования к выходным файлам ACCEL EDA, P-Cad.** Требования к именам слоев, используемых для описания формы платы и размещения компонентов.

- 1. ACCEL EDA, P-CAD 2000 (2001):
  - границы платы определяются на слое Board;
  - при определении размеров компонента считываются все графические примитивы, описанные в типе корпуса (Pattern) компонента;
  - положение компонента относительно сторон платы (на верхней или на нижней) определяется по атрибуту «перевернутости» (Flip). Если во входном файле в разделе описания положения компонента наличествует строчка (isFlipped True), то компонент расположен на нижней стороне платы. При отсутствии данной строчки считается, что компонент расположен на верхней стороне.

В PCBoadrs, когда мы помещаем компонент на плату, он автоматически располагается на верхней стороне. Для переноса его на нижнюю сторону служит команда Flip.

- 2. P-CAD 4.5, 8.5; формат P-DIF:
  - границы платы определяются на слое BRDOUT;
  - размеры компонента определяются так же, как описано ранее;
  - положение компонента относительно сторон платы в файле формата P-DIF также определяется по атрибуту, который имеет вид {Ps "B"}.

Конвертирование перечня ЭРИ из форматного текстового файла, извлеченного пользователем с помощью собственных программных средств из файлов систем проектирования. Для этого необходимо войти в пункт меню «Списки», «Открыть» и выбрать в пункте «Тип файлов» файлы P-Cad \*.ilp (данный файл должен быть предварительно занесен в каталог spis).

Такой файл должен иметь следующий вид:

наименование узла

децимальный номер

R1:CR0805-JW-1 κOM OCTEK R2: CR0805-JW-1 κOM OCTEK

VD1:2C133A CM3.362.805 TY

VD2:1Д508A CM3.362.806 ТУ

VT2:3ОД109В AA0.339.057ТУ

D2:1002ПР2 БК0.347.331-0

С2:К10-17-А-М47-3300 пФ+-5%-В ОЖ0.362.805 ТУ

и так лалее.

Знак «:» необходимо ставить между обозначением элемента и его наименованием.

Если ЭРИ имеется в базе данных, то при открытии списка в первом столбце «Наличие» появляется знак «+». Если такой значок отсутствует, значит, данного ЭРИ нет в базе данных. Можно выбрать аналог из списка базы данных. Либо нужно занести этот элемент в базу данных.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Настоящее учебно-методическое пособие достаточно для первичного ознакомления с подсистемами автоматизированной системы АСОНИКА. Более глубокое ознакомление можно сделать по данной ниже литературе. Возможные изменения в программное обеспечение, внесённые создателями подсистем в процессе их модернизации, можно найти в Описаниях подсистем и в Руководствах пользователей, которые находятся на компьютерах в Научной школе – лаборатории АСОНИКА кафедры РЭТ, а также на портале.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Автоматизированная система АСОНИКА для проектирования высоконадёжных 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. Кофанов Ю.Н. Системная теория параметрической чувствительности: Монография М.: АНО «Академия надёжности», 2009.
- 3. Исследование тепловых характеристик радиоэлектронных средств методами математического моделирования: Монография. / Ю.Н. Кофанов, Журавский В.Г., Сарафанов А.В. и др. М.: Радио и связь, 2003. 456 с.
- 4. Автоматизация проектных исследований надёжности радиоэлектронной аппаратуры: Научное издание. / Ю.Н. Кофанов, В.В. Жаднов, Н.В. Малютин и др. М.: Радио и связь, 2003. 156 с.
- 5. Кофанов Ю.Н. Моделирование и обеспечение надежности технических систем: Монография. М., Энергоатомиздат, 2011 160 с.
- 6. Исследование тепловых характеристик радиоэлектронных средств методами математического моделирования: Монография / Кофанов Ю.Н., Гольдин В.В., Журавский В.Г., Сарафанов А.В. и др. М.: Радио и связь, 2003. 456 с.

## Кофанов Ю.Н.

## АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА АСОНИКА В ПРОЕКТИРОВАНИИ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

Учебно-методическое пособие по дисциплине «Информационные технологии проектирования электронных средств»

Зав. редакцией Башинджогиян М.П.

Редактор: Резникова Е.С. Художественный редактор: Личман Е.А. Компьютерная верстка и графика: Сотникова С.Ю. Корректор: Гладков А.В.

Подписано в печать 12.10.2012. Формат 60 • 90 1/16 Гарнитура Times New Roman. Усл. печ. л. 4,4 Тираж 500 экз.

МИЭМ НИУ ВШЭ 101000, Москва, ул. Мясницкая, 20 Тел./факс: (499) 611-15-52

Отпечатано в типографии «Onebook.ru». ООО «Сам Полиграфист» 129090, г. Москва, Протопоповский пер., д. 6 www.onebook.ru