

га допустимый уровень входного воздействия, при котором конструкция печатного узла будет удовлетворять ТУ. Если уровень входного воздействия такой, что виброускорения на ЭЭЭ меньше допустимых по ТУ, конструктор может провести оптимизацию, учитывая, что любые конструктивные, технологические меры упрочнения конструкции влекут за собой дополнительные материальные и стоимостные затраты, т.е. может потребовать от конструкции, чтобы как можно больше ЭЭЭ было установлено на собственных выводах. Таким образом, задачу надежного проектирования конструкции печатного узла при заданных размерах, способе закрепления и координатах установки ЭЭЭ на нем можно разбить на два этапа: синтез конструктивных параметров в целях удовлетворения уровней виброускорений на ЭЭЭ требованиям ТУ;

оптимизация по критерию минимизации локальных жесткостей фрагментов "печатная плата + ЭЭЭ + жесткость, вносимая вариантом установки".

С учетом изложенного разработана подсистема анализа и оптимизации динамических характеристик печатных узлов РЭС, подверженных внешним вибрационным воздействиям.

При разработке алгоритмов и программного обеспечения учитывался тот факт, что печатные узлы различаются лишь перечнем элементной базы, поэтому для удобства пользователя вся подготовительная описательная информация разбита на два файла описания: элементной базы и физико-механических, геометрических и управляющих параметров.

Разработано программное обеспечение для ЕС ЭЭМ и IBM PC/AT на языке ФОРТРАН.

УДК 621.396.019.34

В.В.Маднов, Е.М.Мазница

#### АНАЛИЗ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ И КАЧЕСТВА РЭС С ПОМОЩЬЮ АСОНИКА

Задача обеспечения требуемого уровня показателей надежности и качества изделий радиоэлектроники становится все более актуальной. В то же время традиционные методы проектирования, основанные на экспериментальных исследованиях макетных и опытных образцов, не дают желаемых результатов из-за ограниченных возможностей физического моделирования. Следовательно, для решения этой проблемы необходимо применение новых автоматизированных методов. К настоящему времени создано множество программных продуктов, которые позволяют на основе математического моделирования на ЭЭМ выполнять расчеты различных показателей надежности и качества изделий радиоэлектроники. Опыт показывает, что эти программы

не дают желаемых результатов, так как они ориентированы на традиционные методы проектирования, основанные на экспериментальных исследованиях макетных и опытных образцов РЭС.

Выход из создавшейся ситуации - переход к новым технологиям проектирования, основанным на широком применении средств автоматизации проектных исследований, и в итоге - к технологии надежного проектирования. Здесь открываются реальные возможности решения задач в области повышения надежности и качества выпускаемой продукции.

Практическая реализация методов надежного проектирования требует соответствующего обеспечения, позволяющего всесторонне проанализировать схемы и конструкции РЭС на ранних этапах проектирования, выявить и устранить их слабые места до изготовления опытных партий и испытаний опытных образцов. Для решения этих вопросов используют методы математического моделирования на ЭВМ физических процессов, протекающих в схемах и конструкциях РЭС. Моделирование электрических, тепловых и механических характеристик схем и конструкций РЭС позволяет выполнить система АСОНИКА, которая решает задачи, связанные с исследованием показателей назначения, надежности, технологичности и транспортабельности путем моделирования на ЭВМ /как детерминированного, так и вероятностного/ электрических, тепловых и механических процессов, протекающих в схемах и конструкциях изделий радиоэлектроники. Важная особенность АСОНИКА - получение функций чувствительности /ФЧ/ для количественной оценки степени влияния каждого параметра схемы и конструкции на выходные характеристики аппаратуры. Это позволяет на ранних этапах проектирования, до создания макетного или опытного образца РЭС, выявить критические места схемы и конструкции, возможные причины отказов и устранить их внесением изменений в проект.

Расчеты количественных оценок показателей надежности и вероятностных показателей качества - вероятности безотказной работы, среднего времени наработки на отказ, коэффициента готовности, технологических и эксплуатационных допусков на выходные характеристики, процент выхода годных - проводятся в рамках АСОНИКА с помощью подсистемы анализа и обеспечения показателей надежности и качества. Подсистема позволяет получать не только количественные оценки перечисленных ранее показателей, но и дополнительную информацию о степени влияния каждого из технологических и эксплуатационных факторов, комплекствующих электроаппаратуры /ЭРА/ и их параметров на общий уровень показателей надежности и качества.

Использование АСОНИКА на этапах эскизного и технического проектирования регламентирует методика автоматизированного проектирования РЭС, блок-схема которого показана на рис.1. Блок-схема состоит из макроблоков, в которых решаются те или иные проектные задачи. Причем задачи исследования электрических, тепловых и механических характеристик, а также исследование показателей надежности и качества решаются с помощью соответствующих проблемных подсистем АСОНИКА. Методики исследования электрических, тепловых и механических характеристик построены на основе анализа функций чувствительности и приведены в документации на соответствующие проблемные подсистемы. Методика исследования показателей безотказности РЭС построена на основе анализа составляющих суммарных допусков и приведена далее.

Для задач синтеза схем, конструкций РЭС и выпуска конструкторской документации, решение которых отсутствует в АСОНИКА, используются уже существующие в промышленности пакеты программ.

Дадим аннотацию макроблоков блок-схемы методики с точки зрения задачи обеспечения безотказности РЭС.

Блок 1 - начало разработки РЭС.

Блок 2 - априорная оценка принципиальной возможности обеспечения требуемого уровня показателей безотказности на основе анализа уровня показателей безотказности аналогов и тенденций их повышения. Оценка диапазонов возмущающих факторов, воздействующих на РЭС.

Блок 3 - априорная оценка значений электрических нагрузок элементов и значений возмущающих факторов на них /в первую очередь значений теплового и механического воздействий/.

Блок 4 - исследование электрических характеристик РЭС - выходных характеристик и величин электрических нагрузок элементов. Разработка в случае необходимости рекомендаций по изменению принципиальной схемы РЭС и ТЗ, а также дополнительных требований к конструктивному их исполнению. Расчеты электрических характеристик РЭС выполняются с помощью подсистемы АСОНИКА-Э.

Блок 5 - проверка необходимости внесения изменений /аналогичные функции выполняют блоки 7, 11, 13, 15, 17 рассматриваемой методики/.

Блок 6 - исследование показателей безотказности РЭС на основе априорных оценок режимов работы элементов, полученных в блоке 3, и результатов расчетов, проведенных в блоке 4. Разработка в случае необходимости рекомендаций по изменению принципиальной схемы и ТЗ, а также дополнительных требований к конструктивному исполнению РЭС. Расчеты показателей надежности и качества РЭС выполняются с помощью подсистемы АСОНИКА-К.

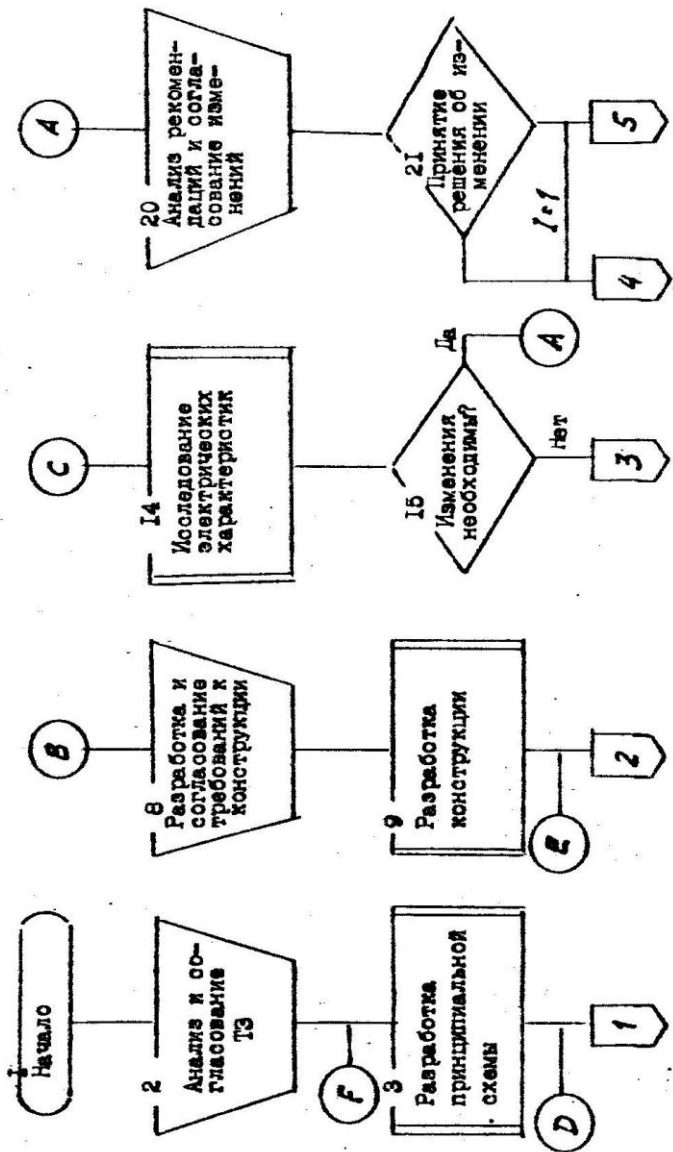


Рис. 1. Блок-схема методики автоматизированного проектирования

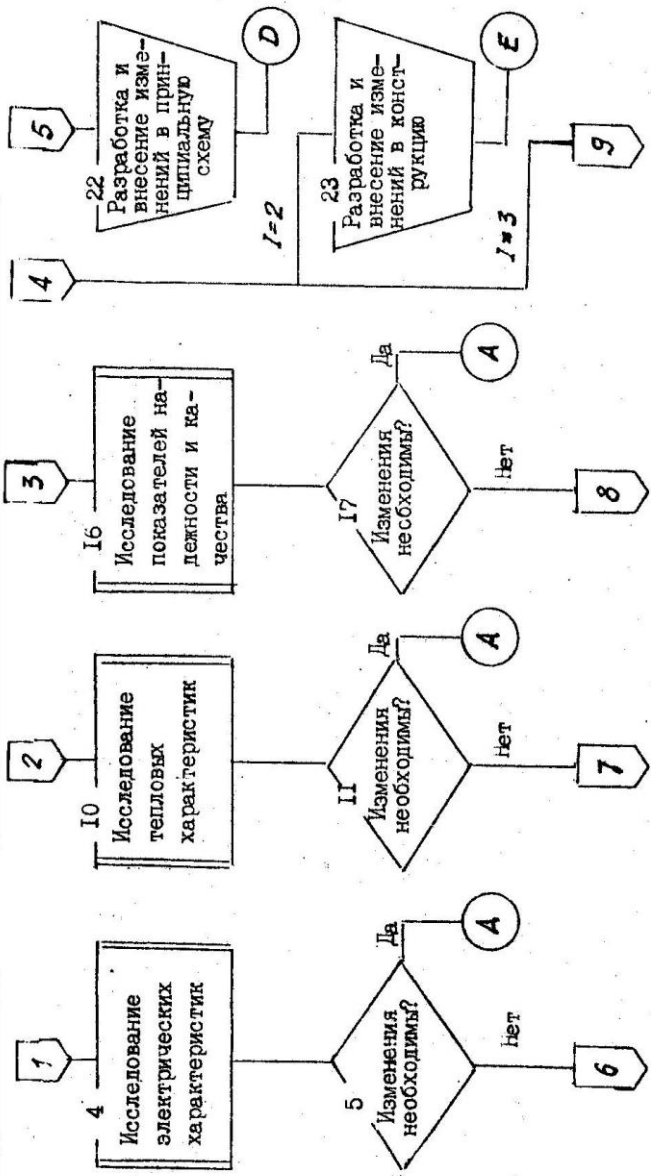
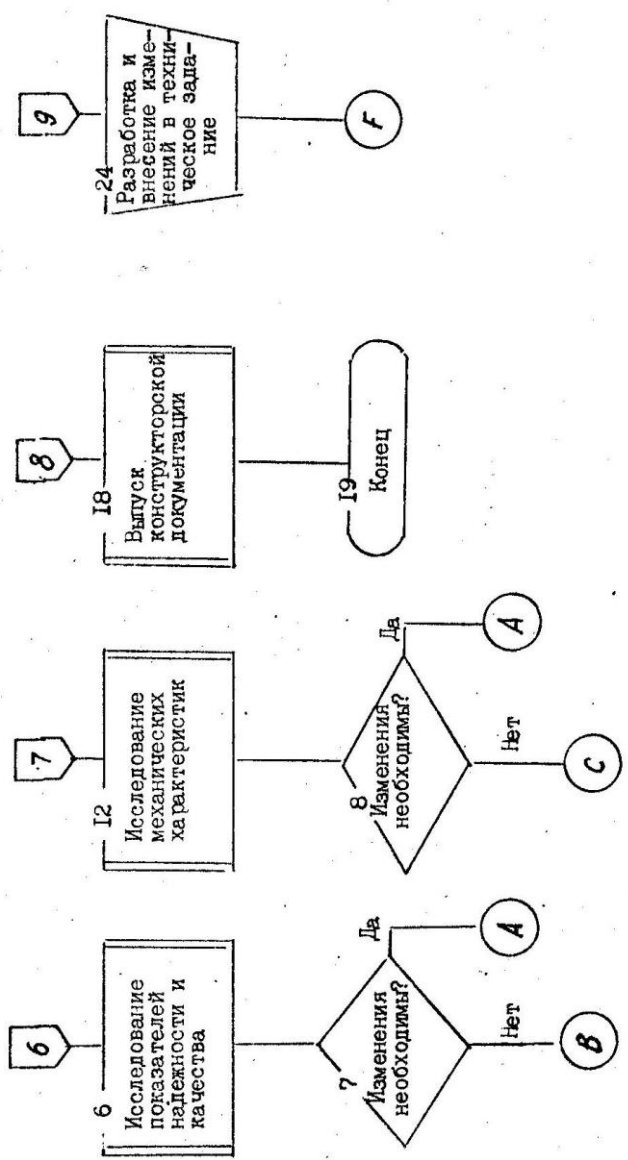


Рис. 1. Продолжение



Блок 8 - разработка требований к конструктивному исполнению РЭС для обеспечения необходимого уровня показателей безотказности на основе результатов, полученных в блоках 4 и 6.

Блок 9 - априорная оценка возможности обеспечения тепловых и механических характеристик конструкций и значений соответствующих нагрузок элементов.

Блок 10 - исследование тепловых характеристик конструкций РЭС - теплового режима и величин тепловых нагрузок элементов. Разработка в случае необходимости рекомендаций по изменению конструкции, принципиальной схемы и ТЗ. Расчеты тепловых характеристик РЭС выполняются с помощью подсистемы АСОНИКА-Т.

Блок 12 - исследование механических характеристик конструкции РЭС - механического режима и величин механических нагрузок элементов. Разработка в случае необходимости рекомендаций по изменению конструкции, принципиальной схемы РЭС и ТЗ. Расчеты механических характеристик конструкций РЭС выполняются с помощью подсистемы АСОНИКА-М.

В блоках 14 и 16 решаются задачи, аналогичные задачам соответственно в блоках 4 и 6. Однако при их решении используются результаты анализа тепловых и механических характеристик конструкции РЭС, полученные в блоках 10 и 12.

Блок 18 - выпуск конструкторской документации, в том числе документов по расчетам показателей безотказности РЭС.

Блок 20 - анализ рекомендаций, разработанных в блоках 4, 6, 10, 12, 14, 16, и согласование принципиальной возможности внесения изменений в схему, конструкцию и ТЗ в целях обеспечения требуемого уровня показателей безотказности.

Блок 21 - принятие решения о внесении изменений, согласованных в блоке 20:

- I=1 - изменение принципиальной схемы;
- I=2 - изменение конструкции;
- I=3 - изменение ТЗ.

Выбор конкретных изменений из числа согласованных в блоке 20 /т.е. определение значения I/ является прерогативой разработчика, так как в рамках автоматизированного проектирования только он в состоянии определить наиболее эффективные способы повышения безотказности для реально сложившейся производственной ситуации.

Блоки 22-24 - практическая реализация соответствующих изменений схемы, конструкции и ТЗ, направленных на обеспечение показателей требуемого уровня безотказности, на основе решений, принятых в блоке 21.

### Блок 19 - окончания разработки РЭС.

Следует отметить, что для моделирования электрических и тепловых процессов в микроэлектронных РЭС может также использоваться подсистема АСОНИКА-ЭТ.

Разработка рекомендаций по изменению электрической схемы, конструктивного исполнения и требований ТЗ основана на анализе результатов расчетов ФЧ.

Таким образом, методика автоматизированного проектирования РЭС позволяет удовлетворить требования по функциональным и конструктивным характеристикам РЭС и проектный уровень показателей надежности и качества на основе широкого использования возможностей АСОНИКА при решении различных проектных задач. Практическое использование методики дает возможность существенно снизить трудоемкость этапов эскизного и технического проектирования за счет снижения объема макетирования и экспериментальных исследований, а также избежать возможных доработок РЭС после изготовления опытной партии в случае неудовлетворительных результатов испытаний опытных образцов. Кроме того, детальное исследование влияния на уровень показателей безотказности электрических, тепловых и механических характеристик схем и конструкций РЭС позволяет создать оптимальное по критерию безотказности схемотехническое решение и конструктивное исполнение и таким образом практически реализовать технологию надежного проектирования, в результате чего повысить надежность и качество самих РЭС.

УДК 681.3

В.М.Галиулин, А.В.Борковский

### СПРАВОЧНАЯ ЧАСТЬ БАЗЫ ДАННЫХ АСОНИКА

В процессе проектирования РЭС при отработке их схемотехнического конструктивного исполнения разработчики должны проводить различные испытания макетных и опытных образцов в целях получения информации о поведении разрабатываемого изделия в реальных условиях эксплуатации. В связи с необходимостью сокращения сроков и затрат на проектирование все большее распространение получают математическое моделирование физических процессов в РЭС /электрических, тепловых, механических/ и соответствующие пакеты прикладных программ, позволяющие анализировать физические процессы на ЭВМ.

Отличительная особенность АСОНИКА, разработанной в Московском институте электронного машиностроения, - комплексный подход, заключающийся в анализе физических процессов с учетом их взаимосвязи и расчете