

Подсистема обеспечения стойкости радиоэлектронных средств на виброизоляторах к механическим воздействиям в составе САПР

АСОНИКА

© Авторы, 2011

А.В. Малов

аспирант при ОАО «ЦНИТИ “Техномаш”» г. Москва

E-mail: sapien2@inbox.ru

А.С. Шалумов

д.т.н., профессор, академик Международной академии информатизации, лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники, заведующий кафедрой информационных технологий Владимирского филиала Российской академии государственной службы при Президенте Российской Федерации

E-mail: ALS140965@mail.ru

Перечислены цели процесса оптимального проектирования радиотехнических устройств на виброизоляторах. Обоснована необходимость создания данной подсистемы. Рассмотрена ее структура, возможности и принципы построения. Описан алгоритм автоматического синтеза моделей механических процессов в конструкциях радиотехнических устройств на виброизоляторах. Показана интеграция подсистемы в состав САПР «АСОНИКА».

Ключевые слова: *параметрическая, структурная оптимизация, математическая модель, радиоэлектронное средство, синтез, моделирование, виброизолятор, идентификация, программное обеспечение*

The objectives of the optimal design of radio-electronic equipment on shock absorbers are enumerated. The necessity of designing a given subsystem is explained. Consider its structure, features and principles of construction. An algorithm for automatic synthesis of models of mechanical processes in the radio-electronic equipment on shock absorbers is described. Integration of subsystem to "ASONIKA" CAD system is shown.

Keywords: *parametric, structural optimization, mathematical model, radio electronic equipment, synthesis, simulation, shock absorber, identification, software*

1. Организация и структура автоматизированной подсистемы «АСОНИКА-В»

Автоматизированная подсистема предназначена для анализа механических характеристик конструкций шкафов, стоек и блоков радиоэлектронных средств, установленных на виброизоляторах, при воздействии гармонической вибрации, случайной вибрации, ударных нагрузок, линейного ускорения, при воздействии акустических шумов, а также при сложных механических воздействиях и для принятия решения на основе полученных механических характеристик с целью обеспечения стойкости радиоэлектронных средств (РЭС) к механическим воздействиям. В конструкцию может входить множество элементов в виде прямоугольных параллелепипедов с различными габаритами, а также может быть применена многоуровневая виброизоляция. По результатам расчета на ЭВМ пользователем системы может быть получена выходная информация об ускорениях и перемещениях элементов конструкции РЭС на виброизоляторах [1-3].

Программно реализованы задачи параметрического и структурного синтеза: 1) возможность оптимального выбора коэффициентов механических потерь и жесткости виброизоляторов по всем осям координат; 2) возможность оптимального выбора координат расположения виброизоляторов и их количества. Главным условием является непревышение допустимых ускорений в конструкциях (как правило, речь о допустимых ускорениях электрорадиоэлементов по техническим условиям (ТУ) при различных механических воздействиях).

Моделирование на ЭВМ механических процессов в конструкциях РЭС на виброизоляторах необходимо для:

- проверки выполнения требований по стойкости к конструкциям РЭС на виброизоляторах при заданных механических воздействиях;
- определения возможности снижения массы и габаритов конструкции РЭС на виброизоляторах;
- повышения стойкости конструкции РЭС к механическим воздействиям путем выбора параметров виброизоляторов;
- создания программы лабораторных и приемо-сдаточных испытаний РЭС на виброизоляторах и проверки того, пройдет ли РЭС эти испытания.

Автоматизированную подсистему наиболее целесообразно использовать при разработке РЭС, работающих при воздействии вибраций и акустических шумов в широких диапазонах частот.

Анализ опыта создания и эксплуатации автоматизированных систем конструкторского проектирования позволяет сформулировать некоторые общие принципы их построения:

1. Совместимость ручного, автоматизированного и автоматического режимов проектирования.
2. Минимальное взаимодействие подсистемы с внешней средой.
3. Оперативность взаимодействия подсистемы с внешней средой на всех уровнях проектирования.
4. Иерархичность построения программных средств.
5. Единство системы для группы родственных по характеру деятельности объектов.
6. Открытость системы.

Работоспособность подсистемы во многом зависит и от выполнения ряда других требований, предъявляемых к ее организации. С точки зрения разработчика - это разумное сочетание алгоритмической и объектно-ориентированной декомпозиции, обеспечивающее возможность модификации подсистемы и ее развитие; использование высокоэффективного языка программирования, обеспечивающего высокую скорость разработки и высокое быстродействие.

С точки зрения пользователя-конструктора можно отметить следующие требования:

1. Простота и доступность входного языка; конструктор должен иметь возможность составления задания на проектирование и описание входных данных в доступных ему терминах и обозначениях.
2. Прямой доступ пользователя к системе; здесь следует отметить простоту общения с системой (ввод новых данных, получение результатов расчета), исключение для пользователя из технологического цикла проектирования ряда рутинных операций (контроль ошибок входной информации, автоматическое формирование модели, диагностика состояния модели и т.д.).
3. Многофункциональность системы, то есть возможность решать задачи проектирования для широкого круга конструкций.

Программное и информационное обеспечение системы должно включать в себя следующие основные компоненты:

- модули ввода и контроля входных данных: геометрической модели конструкции, параметров ее элементов, воздействий;
- модуль формирования моделей объектов проектирования;

- расчетное ядро для осуществления моделирования, анализа разброса параметров, оптимизации, идентификации;
- модули визуализации выходных данных, анализа результатов, преобразования моделей и т.п.;
- базу данных (справочные данные, решенные проектные задачи, библиотеки типовых моделей и т.п.).

Сценарии диалога и систем меню, реализованные в этих программных компонентах, используют терминологию той предметной области, в которой проводятся исследования с помощью подсистемы. Результаты расчетов оформляются в виде графиков и таблиц.

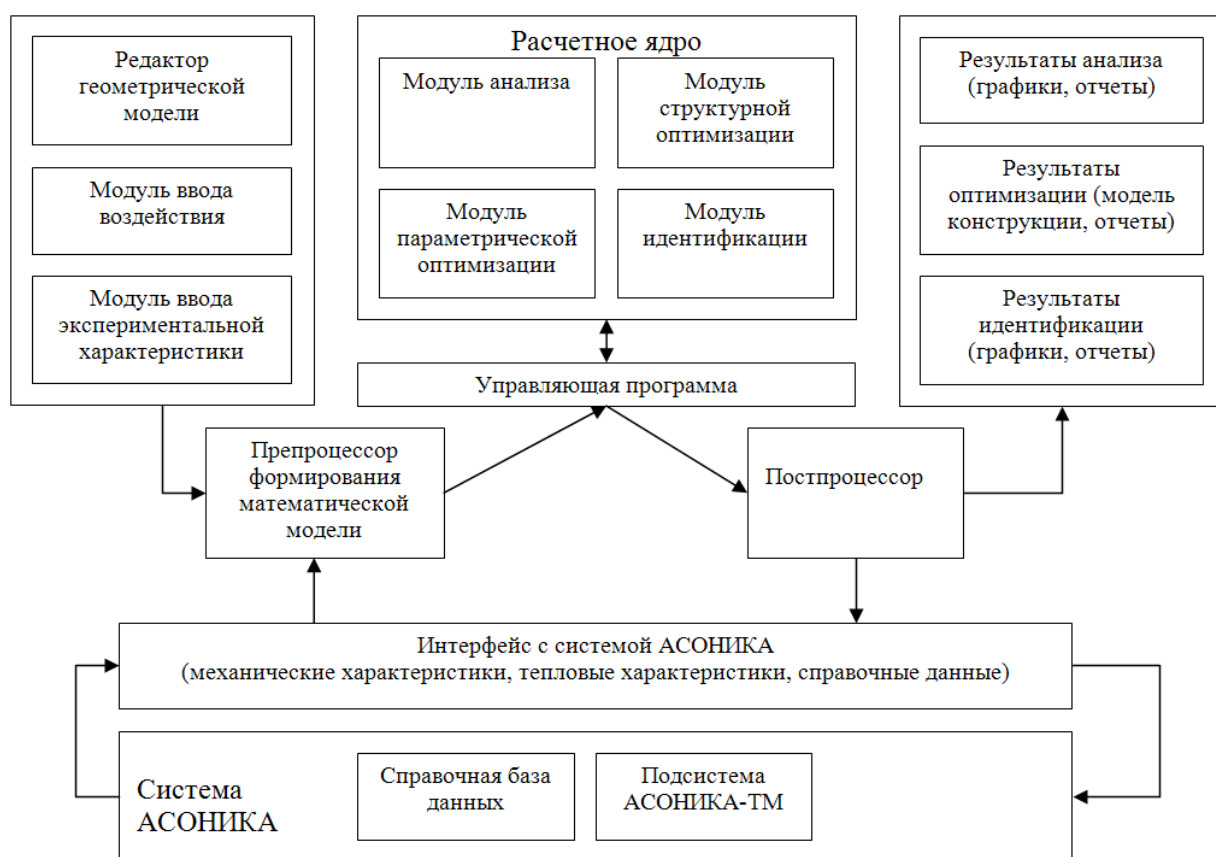


Рис.1. Структура подсистемы АСОНИКА-В

Структура автоматизированной подсистемы представлена на рис.1. Центральным компонентом подсистемы является управляющая программа (монитор), обеспечивающая связь между остальными модулями. Монитор дает возможность пользователю осуществить выбор задач, обеспечить программу входной информацией, организовать процесс управления программным обеспечением подсистемы в соответствии с принятой методикой проектирования РЭС.

Модули подсистемы позволяют осуществлять графический ввод исходных данных конструкции РЭС на виброизоляторах, графический ввод механических воздействий и экспериментальных характеристик. Препроцессор предназначен для автоматического формирования математических моделей механических процессов на основе исходных данных. Расчетное ядро содержит в своем составе модули анализа, оптимизации механических и геометрических параметров конструкции, а также идентификации физико-механических параметров виброизоляторов в конструкциях РЭС [6]. Постпроцессор позволяет представить результаты анализа в виде графических зависимостей и таблиц, для отображения которых предназначены модули визуализации. Интерфейс с системой АСОНИКА предоставляет доступ к справочной базе данных и возможность взаимной корректировки параметров моделей.

Для подсистемы был разработан современный, настраиваемый пользовательский интерфейс, изображенный на рис.2 и рис. 3.

Программа способна решать широкий круг задач:

- создавать геометрические модели конструкций РЭС посредством трехмерного графического интерфейса;
- осуществлять ввод механических воздействий в виде графических зависимостей;
- получать характеристики модели при различных видах механического воздействия;
- рассчитывать выходные характеристики модели и представлять их в удобном для восприятия графическом виде;
- рассчитывать выходные характеристики моделей с многоуровневой виброизоляцией;
- осуществлять поиск оптимальных значений параметров виброизоляторов на фиксированной частоте или в диапазоне частот;
- осуществлять структурный синтез конструкций, обеспечивая стойкость к вибрации путем оптимизации расположения и количества виброизоляторов на фиксированной частоте или в диапазоне частот;
- идентифицировать неизвестные параметры виброизоляторов по экспериментальной характеристике конструкции;
- распечатывать или сохранять в виде графических или текстовых файлов любую выходную информацию.

При работе с подсистемой рекомендуется пользоваться графическим редактором при создании модели, однако есть возможность создать модель не визуально, а путем ввода всех параметров вручную

В качестве основного средства разработки использовалась интегрированная среда Microsoft Visual Studio, графический интерфейс подсистемы реализован с помощью библиотеки Qt.

Таким образом, была разработана структура автоматизированной подсистемы анализа и синтеза конструкций РЭС на виброизоляторах при механических воздействиях «АСОНИКА-В», отличающаяся наличием специализированного интерфейса ввода-вывода информации, модулей идентификации и оптимизации, базы данных с упругими и демпфирующими характеристиками виброизоляторов, интегрированная в систему АСОНИКА.

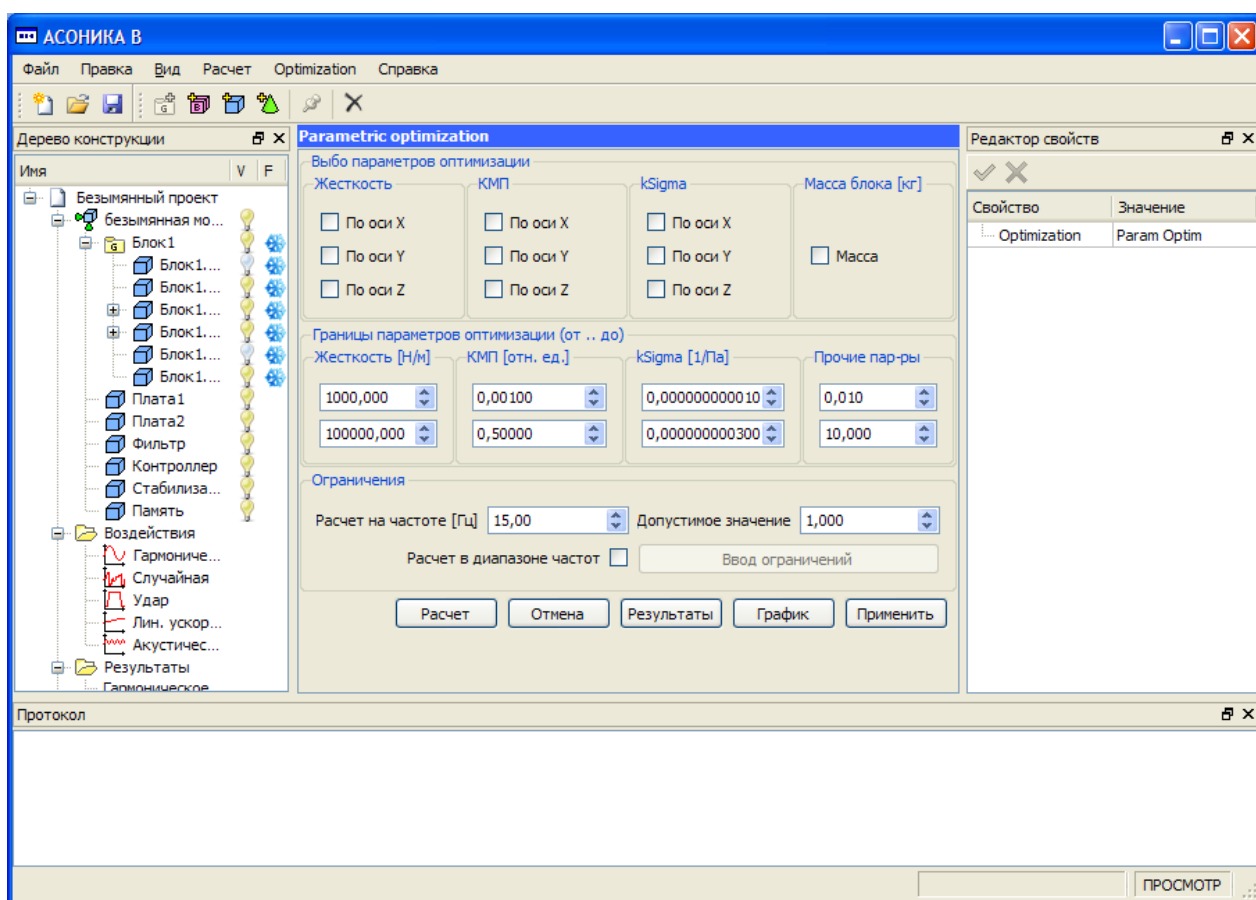


Рис.2. Интерфейс ввода ограничений параметрической оптимизации

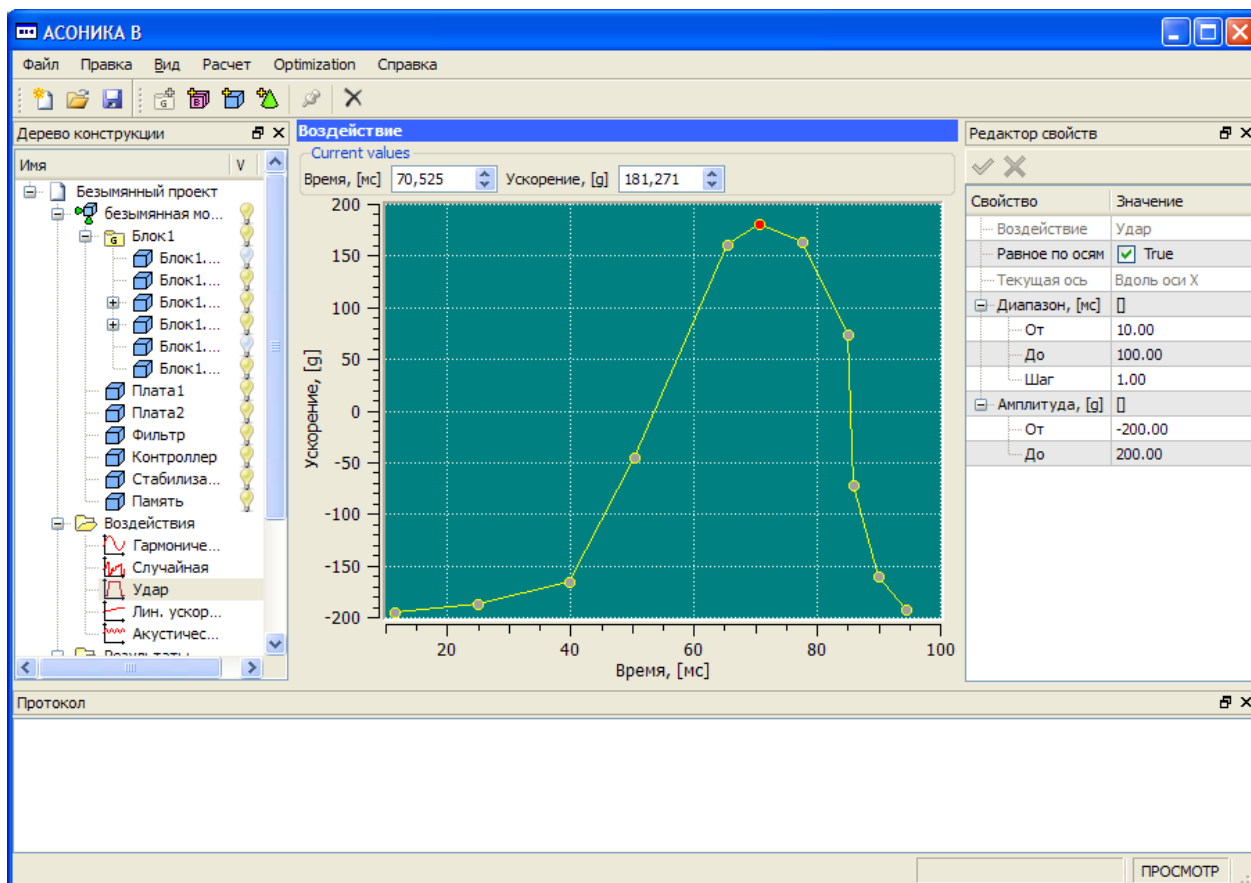


Рис.3 Интерфейс ввода механического воздействия

2. Алгоритм автоматического синтеза моделей механических процессов в конструкциях РЭС на виброизоляторах

Автоматический синтез моделей механических процессов (ММП) шкафов, стоек, блоков на виброизоляторах позволяет существенно снизить время, необходимое для моделирования механических процессов в конструкциях РЭС [4-5].

Необходимость решения данной задачи заключается в том, что, как правило, используемые в промышленности программные средства представляют собой реализацию определенных методов моделирования механических процессов в конструкциях РЭС, спроектированных таким образом, что пользователю-разработчику необходимо работать или на уровне топологии моделей, или на уровне математических моделей. В первом случае разработчику необходимо самостоятельно разрабатывать структуры моделей, описывающих протекание механических процессов в РЭС, подробно описывать и рассчитывать параметры составных компонентов, осуществлять их отладку, в случае необходимости проводить декомпозицию моделей на ряд подмоделей и лишь затем применять их в процессе проектирования. Во втором случае разработчик должен

оперировать уравнениями (или системами уравнений), используя их как входную информацию для программных средств.

Указанные выше подходы к созданию программных средств для моделирования механических процессов в конструкциях РЭС требуют от пользователя-разработчика специальных знаний в области механики, а также не позволяют быстро варьировать как структуры, так и параметры моделей в процессе автоматизированного проектирования с целью выбора лучших вариантов конструкций РЭС.

Устранить описанные выше недостатки позволяют специальные модули-препроцессоры, являющиеся программной реализацией методов формализации синтеза и позволяющие на основе информации об объекте исследования на уровне конструкции синтезировать ММП в автоматическом режиме.

Рассмотрим соответствующие алгоритмы, на основе которых реализован модуль препроцессора в подсистеме «АСОНИКА-В». На рис. 4 представлен в виде блок-схемы алгоритм работы препроцессора для конструкции РЭС на виброизоляторах. Алгоритм включает в себя следующие шаги:

1. Цикл по элементам геометрической модели $i=1,N$;
2. Определение координат расположения i -го элемента;
3. Вычисление коэффициента инерции i -го элемента;
4. Цикл по виброизоляторам $j=1,M$;
5. Определение координат расположения j -го виброизолятора;
6. Формирование модели упругих и демпфирующих свойств j -го виброизолятора;
7. Вычисление обобщенных коэффициентов жесткости и инерции;
8. Формирование ММП с учетом механического воздействия;

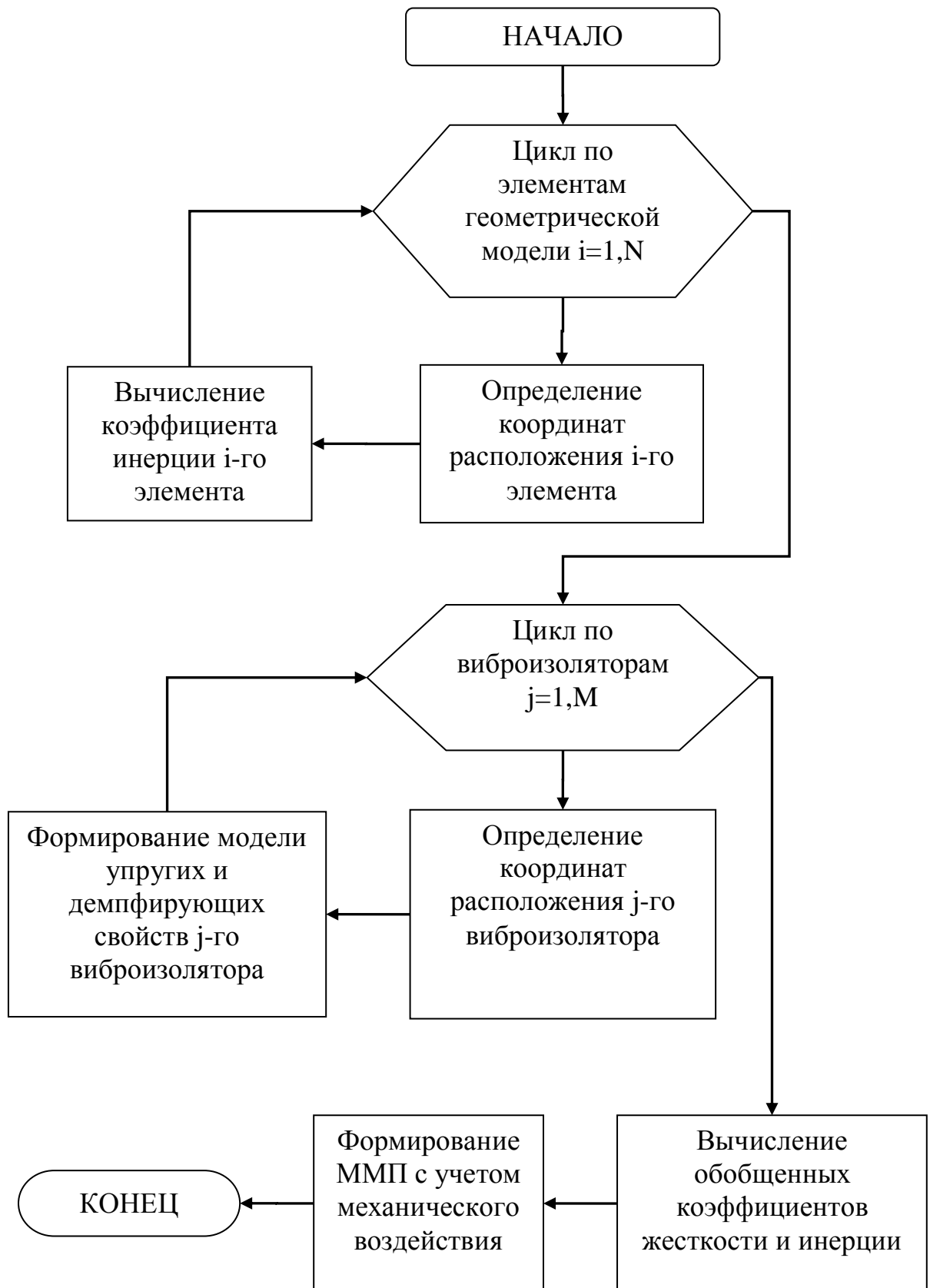


Рис. 4. Блок-схема алгоритма автоматического синтеза ММП конструкции РЭС на виброизоляторах.

3. Интеграция с системой АСОНИКА

Первоначально одним из недостатков разрабатываемой подсистемы являлась ее автономность. Подсистема позволяла проводить анализ механических характеристик конструкции без учета тепловых характеристик. Для устранения этого недостатка было принято решение о создании интерфейса между подсистемами АСОНИКА-В и АСОНИКА-Т.

Подсистема АСОНИКА-Т 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 ЭРИ, а также дискретное температурное поле типовых узлов и их интегральные температуры.

Интерфейс связи подсистем АСОНИКА-В и АСОНИКА-Т позволяет решать следующие задачи:

1. Корректировать параметры виброизоляторов для модели АСОНИКА-В по результатам теплового расчета в подсистеме АСОНИКА-Т.
2. Корректировать параметры кондуктивных ветвей модели АСОНИКА-Т на основании параметров виброизоляторов в модели АСОНИКА-В.

Подсистема «АСОНИКА-В» также использует объединенную справочную базу данных системы «АСОНИКА» для получения характеристик материалов конструкции и типовых моделей виброизоляторов. Характеристики виброизоляторов полученные в результате идентификации также могут быть сохранены в справочной БД.

4. Выводы

1. Разработана структура автоматизированной подсистемы анализа и синтеза конструкций РЭС на виброизоляторах, при механических воздействиях «АСОНИКА-В» в составе САПР «АСОНИКА», отличающаяся наличием специализированного интерфейса ввода-вывода информации, модулей идентификации и оптимизации, базы данных с упругими и демпфирующими характеристиками виброизоляторов и интеграции с другими подсистемами САПР «АСОНИКА».
2. Программно реализованы задачи параметрического и структурного синтеза:
 - 2.1. существует возможность оптимального выбора коэффициентов механических потерь и жесткости виброизоляторов по всем осям координат;
 - 2.2. существует возможность оптимального выбора координат расположения виброизоляторов и их количества.

3.Разработан алгоритм автоматического синтеза моделей механических процессов в конструкциях РЭС на виброизоляторах.

4.Разработана методика идентификации параметров виброизоляторов конструкций РЭС;

5.Разработана методика расчета выходных характеристик моделей с многоуровневой виброизоляцией.

Литература:

1. Кренкель Т.Э., Коган А.Г., Тараторкин А.М. Персональные ЭВМ в инженерной практике. - М.: Радио и связь, 1989. - 337с.
2. Мосин В.Н., Трайнев В.А. Управление процессом проектирования. - М.: Московский рабочий, 1980. - 128с.
3. Карберри П.Р. Персональные компьютеры в автоматизированном проектировании: Пер. с англ. - М.: - Машиностроение, 1989. - 144с.
4. Шалумов А.С., Шалумова Н.А. Разработка алгоритмов и программ автоматического построения моделей механических процессов конструкций РЭС // «Высокие технологии в региональной информатике»: Тез.докл./ Всероссийское совещание-семинар. - Ч.2. - Воронеж, 1998. - С.160.
5. Рвачев В.А., Слесаренко А.П. Алгебра логики и интегральные преобразования в краевых задачах. - Киев: Наукова думка, 1976. - 287с.
6. Кофанов Ю.Н., Шалумов А.С., Гладышев Н.И. Идентификация параметров материалов несущих конструкций радиоэлектронных средств с применением компьютерного измерительного стенда // Измерительная техника. - 1996. - №12. - С.52-55.

Subsystem for resistance control of radio-electronic equipment based on shock absorbers integrated to ASONIKA system

© Authors, 2011

A.V. Malov

A.S. Shalumov

Developed an automated subsystem "ASONIKA-V is designed to analyze the mechanical characteristics of structures of boxes, racks and blocks of radio electronic equipment installed on shock absorbers, under the influence of harmonic vibration, random vibration, shock loads, linear acceleration, under the influence of acoustic noise, as well as complex mechanical

influences. Construction design may include many elements in the form of rectangular parallelepipeds with different dimensions and can also be applied to multi-level vibration isolation. According to the results of calculation, user of the system can obtain output information about the accelerations and displacements of the structure.

The subsystem includes the following modules:

- input modules of the design information (geometric models, effects, experimental features);
- visualization modules (for creating reports and graphs);
- preprocessor forming a mathematical model;
- postprocessor for results formatting;
- calculation kernel (consist of analysis, optimization and identification modules);
- interface with ASONIKA system.

The software is able to solve a wide range of tasks:

- create geometric models of structures of radio electronic equipment using three-dimensional graphical user interface;
- provide input mechanical effects in the form of graphic dependences;
- receive a performance characteristics for different types of mechanical action;
- calculate the output characteristics of the models and present them in a readable graphic form;
- search for the optimal parameters of shock absorbers at a fixed frequency or frequency range;
- provide structural synthesis of designs, providing resistance to vibration shock absorbers to optimize the geometric parameters at a fixed frequency or frequency range;
- identify parameters of shock absorbers using experimental characteristics of the design;
- printing or saving any output to graphics or text files.

The subsystem is part of the CAD "ASONIKA". This integration allows the use of unified reference database system, to obtain the characteristics of construction materials, standard models of shock absorbers and storage characteristics of the shock absorbers resulting identification. Communication interface of subsystems ASONIKA-B and ASONIKA-T enables mutual adjustment of parameters in a model on shock absorbers in ASONIKA-B and the parameters of conductive branches in ASONIKA-T.

The use of the subsystem allows the analysis of the mechanical characteristics of the radio electronic equipment on shock absorbers, the identification of missing characteristics of shock absorbers, as well as perform optimal design of structures of radio electronic equipment, by parametric and structural synthesis.