

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники

УДК 621.396.6-045.79

На правах рукописи

СТОГОВ
Олег Николаевич

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ СТОЙКОСТИ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ
К МЕХАНИЧЕСКИМ ВОЗДЕЙСТВИЯМ НА ОСНОВЕ
СИСТЕМ ВИБРОИЗОЛЯЦИИ**

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание степени магистра техники и технологии
по специальности 1-39 81 01 Компьютерные технологии
проектирования электронных систем

Научный руководитель
ГОНОВ Александр Николаевич
кандидат технических наук, доцент

Минск 2016

Работа выполнена на кафедре проектирования информационно-компьютерных систем учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Научный руководитель:

ГОНОВ Александр Николаевич,
кандидат технических наук, доцент кафедры проектирования информационно-компьютерных систем Учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Рецензент:

СТЕМПИЦКИЙ Виктор Романович
кандидат технических наук, доцент кафедры микро- и наноэлектроники Учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Защита диссертации состоится «21» января 2016 года в 15⁰⁰ часов на заседании Государственной комиссии по защите магистерских диссертаций в учреждении образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» по адресу: 220013, г.Минск ул. П.Бровки 6, 1 уч. корп., ауд. 415, тел.: 293-20-88, e-mail: kafpiks@bsiur.by

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».

ВВЕДЕНИЕ

От 30% до 50% отказов РЭС вызывается механическими воздействиями. Наиболее опасными механическими воздействиями, ухудшающими надёжность и стабильность работы аппаратуры, являются вибрации, удары и линейные перегрузки. Источниками данных воздействий могут быть разного рода двигатели, в том числе и реактивные, быстро вращающиеся разбалансированные массы, дорожная тряска, акустические шумы, ударная волна и многие другие. Они приводят: к снижению точности работы аппаратуры, к помехам в каналах передачи информации, к механическим разрушениям элементов конструкций. Поэтому обеспечение стойкости РЭС средствами виброизоляции является актуальной на данный момент.

Проблемам анализа и оптимального проектирования конструкций РЭС на виброизоляторах в последние десятилетия посвящены работы Ильинского В.С., Фролова К.В., Талицкого Е.Н., Токарева М.Ф., Карпушина В.Б., Шалумова А.С. и других авторов. Вопросы структурного и параметрического синтеза рассмотрены в работах Норенкова И.П., Фурунжиева Р.И., Черноруцкого И.Г. Однако в этих работах недостаточно рассмотрены учет параметрических зависимостей упругих и демпфирующих характеристик виброизоляторов от температуры, автоматизация задачи идентификации параметров виброизоляторов, автоматизация процесса параметрического и структурного синтеза конструкций на виброизоляторах.

Таким образом, на сегодняшний день отсутствуют необходимые математическое и программное обеспечения, позволяющие оптимальным образом выбрать и разместить в конструкции РЭС виброизоляторы.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования

Обеспечение стойкости РЭС к механическим воздействиям на данный момент является одной из главных проблем в радиоэлектронике. Несмотря на непрерывное повышение стойкости элементной базы интенсивность механических воздействий возрастает быстрыми темпами из-за увеличения скорости подвижных объектов. Кроме того блоки РЭС представляют собой сложные механические конструкции, в которых возникают резонансы усиливающие механические нагрузки в десятки раз. Отсутствие оптимизированных методик и алгоритмов усложняют проектирование, даже типовых, конструкций РЭС на виброизоляторах. Данная работа направлена на улучшение эффективности проектирования РЭС стойких к механическим воздействиям на основе виброизоляции.

Степень разработанности проблемы

К проблемам анализа и оптимального проектирования конструкций РЭС в последние десятилетия появился повышенный интерес и посвящены

работы Ильинского В.С., Фролова К.В., Талицкого Е.Н., Токарева М.Ф., Карпушина В.Б., Шалумова А.С., Норенкова И.П., Фурунжиева Р.И., Черноруцкого И.Г. и других авторов. Однако анализ отечественных и зарубежных источников показал, что отсутствуют методика автоматизированного проектирования конструкций РЭС, установленных на виброизоляторах и алгоритмы анализа конструкций с многоуровневой виброизоляцией.

Цель и задачи исследования

Целью является повышение эффективности проектирования стойких к механическим воздействиям радиоэлектронных средств, установленных на виброизоляторах, за счет автоматизации анализа механических характеристик, синтеза моделей и оптимизации конструкции.

Для достижения поставленной цели необходимо решить **следующие задачи**:

– проанализировать математические модели конструкций РЭС на виброизоляторах, учитывающих параметрические зависимости упругих и демпфирующих характеристик виброизоляторов от температуры;

– изучить алгоритм автоматизированного синтеза конструкций РЭС на виброизоляторах и методику идентификации параметров виброизоляторов, позволяющие быстро и эффективно создать математические модели с помощью программного обеспечения;

– разработать алгоритмы анализа конструкций с многоуровневой виброизоляцией;

– разработать методику автоматизированного проектирования конструкций РЭС на виброизоляторах.

Объектом исследования являются конструкции РЭС на виброизоляторах, в том числе с многоуровневой виброизоляцией.

Предметом исследования являются механическое воздействие на конструкции РЭС на основе виброизоляции, механические характеристики виброизоляторов.

Область исследования

Содержание диссертационной работы соответствует образовательному стандарту высшего образования второй ступени (магистратуры) специальности 1-39 81 01 Компьютерные технологии проектирования электронных систем.

Теоретической основой исследований являются теоретические и практические положения отечественных и зарубежных исследований ученых по проблеме обеспечения стойкости РЭС на основе виброизоляции: Данилов М.М., Ильинский В.С., Фролов К.В., Талицкий Е.Н., Токарев М.Ф., Карпушин В.Б., Шалумов А.С., Норенков И.П., Фурунжиев Р.И., Черноруцкий И.Г. и других.

Методологической основой исследования являются разработки отечественных и зарубежных авторов, методические материалы, труды отечест-

венных и зарубежных учёных и научные труды в области обеспечения стойкости РЭС к механическим воздействиям. В магистерской диссертации используются следующие общенаучные методы: эмпирического исследования (эксперимент, измерение, научное исследование), обще логические (анализ, аналогия, системный подход), метод факторного и сравнительного анализа.

Информационная база исследования для литературного анализа по данной теме сформирована на основе более ранних работ и исследований в этой области, а также электронных ресурсов.

Научная новизна диссертационной работы заключается в исследовании метода автоматизированного синтеза конструкции РЭС с многоуровневой виброизоляцией; в изучении методика идентификации параметров виброизоляторов, позволяющая определить упругие и демпфирующие характеристики виброизоляторов; в разработке методика автоматизированного проектирования конструкций РЭС на основе виброизоляции.

Основные положения, выносимые на защиту

1. Принцип метода автоматизированного синтеза конструкций РЭС на виброизоляторах.
2. Алгоритмы автоматизированного синтеза конструкций РЭС на виброизоляторах.
3. Методика автоматизированного проектирования конструкций РЭС на основе виброизоляции.

Теоретическая значимость диссертации состоит в совершенствовании методов и алгоритмов, обеспечивающих лучшую эффективность проектирования конструкций РЭС на основе виброизоляции.

Практическая значимость диссертации состоит в том, что изученные алгоритмы и разработанная методика, позволяют эффективнее решать задачи проектирования конструкций РЭС на основе виброизоляции.

Апробация и внедрение результатов исследования

Основные положения работы и результаты диссертации изложены в 6 опубликованных статьях, общим размером 6 страниц.

Структура и объем работы

Структура диссертационной работы обусловлена целью, задачами и логикой исследования. Работа состоит из введения, трёх глав, заключения, библиографического списка и приложений. Общий объем диссертации – 75 страниц. Работа содержит 12 рисунков. Библиографический список включает 74 наименования.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** и **общей характеристике работы** определены основные направления исследований, обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы цели и задачи работы, изложены основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе производится анализ проблем проектирования конструкций РЭС с учетом механических воздействий и исследование методов проектирования и математических моделей конструкций РЭС, используемых для проектирования РЭС, обосновывается необходимость создания метода автоматизированного синтеза конструкций РЭС на виброизоляторах, который позволил бы обеспечить:

- проведение параметрической и структурной оптимизации конструкций РЭС на виброизоляторах;
- учет зависимости характеристик виброизоляторов от их температуры;
- идентификацию параметров виброизоляторов;
- проведение анализа конструкций с многоуровневой виброизоляцией.

Учитывая сложность расчётов, ограничения по срокам и стоимости проектных работ, наличие параметрических зависимостей упругих и демпфирующих характеристик виброизоляторов от температуры, широкий спектр внешних механических воздействий, осуществление синтеза конструкций РЭС на виброизоляторах возможно лишь с помощью алгоритмов и методик, позволяющих эффективно решать проблема проектирования конструкций РЭС на виброизоляторах и обеспечивать стойкость к механическим воздействиями надёжность функционирования. При этом требуется синтез, как параметров конструкции, так и ее структуры.

Для обеспечения стойкости РЭС при интенсивных механических воздействиях применяется следующие способы решения:

- использование наиболее устойчивых к механическим воздействиям элементов и узлов; повышение прочности конструктивных элементов;
- защита РЭС от источников механических воздействий, достигаемая установкой виброизоляторов. При этом могут виброизолироваться как источники вибраций, так и уязвимые части конструкций. Виброизоляция может быть общей, когда изолируется всё изделие, или локальной, когда виброизолируются отдельные элементы или части изделия, возможно также применение многоуровневой виброизоляции;
- устранение или уменьшение до допустимого уровня резонансных явлений в конструкциях РЭС. Достигается выведением спектров собственных частот колебаний элементов конструкций за верхнюю границу диапазона частот возмущающего воздействия или увеличением демпфирующих свойств;
- применение пассивных устройств, состоящих из упругих, инерционных и диссипативных элементов;

– применение автоматических систем активной виброзащиты с внешним источником энергии.

Существуют следующие виды виброизоляторов в конструкциях РЭС: резиново-металлические виброизоляторы; пружинные виброизоляторы с фрикционным демпфированием; цельнометаллические виброизоляторы со структурным демпфированием.

Во второй главе рассмотрены математические модели конструкций РЭС на виброизоляторах при воздействии гармонической и случайной вибрации, ударов, линейных ускорений, акустических шумов, которые учитывают параметрический характер изменения упругих и демпфирующих характеристик виброизоляторов в зависимости от температуры. Предложены целевые функции (таблица 1) для проведения оптимизации конструкции при каждом из видов механических воздействий. Разработан метод автоматизированного синтеза конструкций РЭС на виброизоляторах, стойких к механическим воздействиям, с учетом многоуровневой виброизоляции, и возможностью осуществления параметрической и структурной оптимизации.

Таблица 1 – Целевые функции конструкций РЭС при механическом воздействии

Гармоническая вибрация	$H(\bar{Q}) = \sum_{i=1}^n \left[y_i^{\text{доп}} - k_i (y_i(\bar{Q}) + \Delta) \right]^2;$
Удар и линейное ускорение:	$H(\bar{Q}) = \sum_{i=1}^n \left[y_i^{\text{доп}} - k_i (y_i(\bar{Q}) + \Delta) \right]^2;$
Случайная вибрация:	$H(\bar{Q}) = \left[y^{\text{доп}} - k (y(\bar{Q}) + \Delta) \right]^2;$
Акустический шум	$H(\bar{Q}) = \left[y^{\text{доп}} - k (y(\bar{Q}) + \Delta) \right]^2,$

где $y_i^{\text{доп}}$ – допустимое значение выходной характеристики в i -ый момент времени;

n – количество точек во времени;

$y_i(\bar{Q})$ – максимальное расчетное значение выходной характеристики объекта в i -ый момент времени;

Δ – рассчитанный допуск на выходную характеристику;

k_i – коэффициент запаса на выходную характеристику;

$y^{\text{доп}}$ – допустимое среднеквадратическое ускорение по оси координат;

$y(\bar{Q})$ – расчетное значение среднеквадратического ускорения;

Δ – рассчитанный допуск на выходную характеристику;

k – коэффициент запаса на выходную характеристику.

Структурная схема метода автоматизированного синтеза конструкций РЭС на основе виброизоляции представлена на рисунке 1.

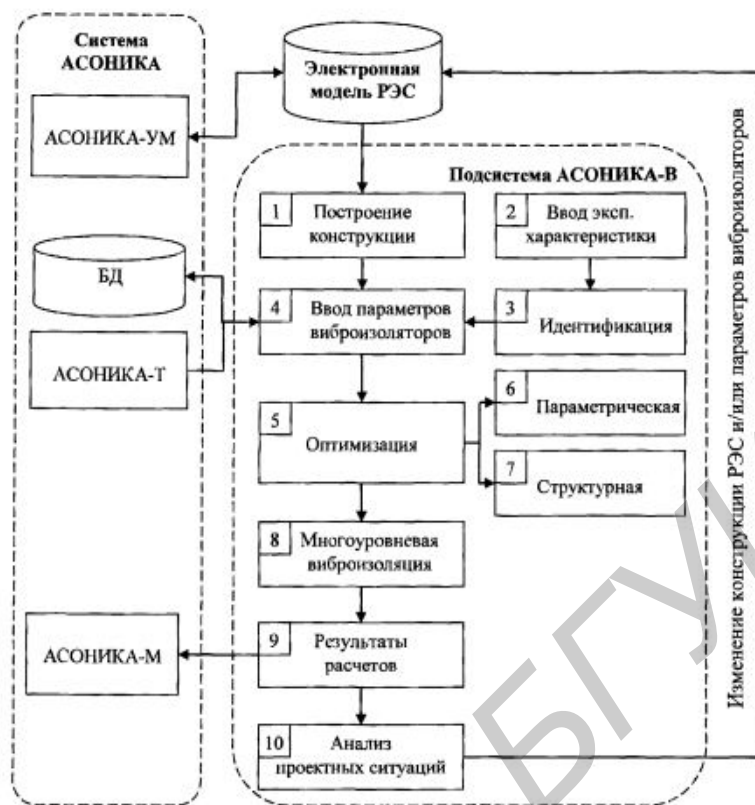
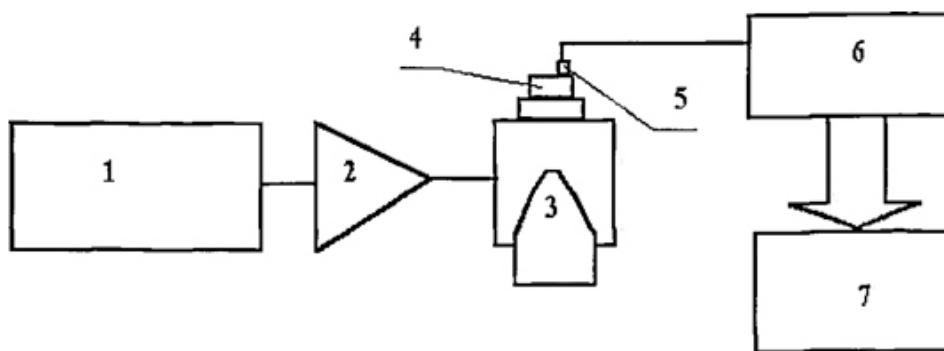


Рисунок 1 – Структура метода автоматизированного синтеза конструкций РЭС на виброизоляторах

Таким образом, на основании целевых функций проводится оптимизация конструкции РЭС, а точнее ее модели, с помощью САПР, при каждом механическом воздействии и определяется диапазон значений параметров виброизоляторов и всей конструкции в целом для обеспечения стойкости РЭС к механическим воздействиям.

В третьей главе разработаны алгоритмы автоматического синтеза моделей механических процессов в конструкциях РЭС на виброизоляторах и расчета характеристик РЭС с многоуровневой виброизоляцией. Разработана методика идентификации параметров виброизоляторов конструкций РЭС. Приведена схема установки, позволяющей имитировать вибрационные режимы РЭС. Разработана методика автоматизированного проектирования конструкций РЭС на виброизоляторах, позволяющая обоснованно осуществлять проектирование конструкций РЭС, стойких к механическим воздействиям.

Для решения задачи идентификации параметров виброизоляторов используется компьютерный измерительный стенд, структурная схема которого приведена на рисунке 2.



1 – задающий генератор синусоидальных колебаний; 2 – усилитель мощности; 3 – вибратор; 4 – испытуемое изделие; 5 – виброизмерительный преобразователь (акселерометр); 6 – виброизмерительная аппаратура; 7 – ЭВМ.

Рисунок 2 – Структурная схема компьютерного измерительного стенда

Структура методики идентификации параметров виброизоляторов, в конструкциях РЭС представлена на рисунке 3.

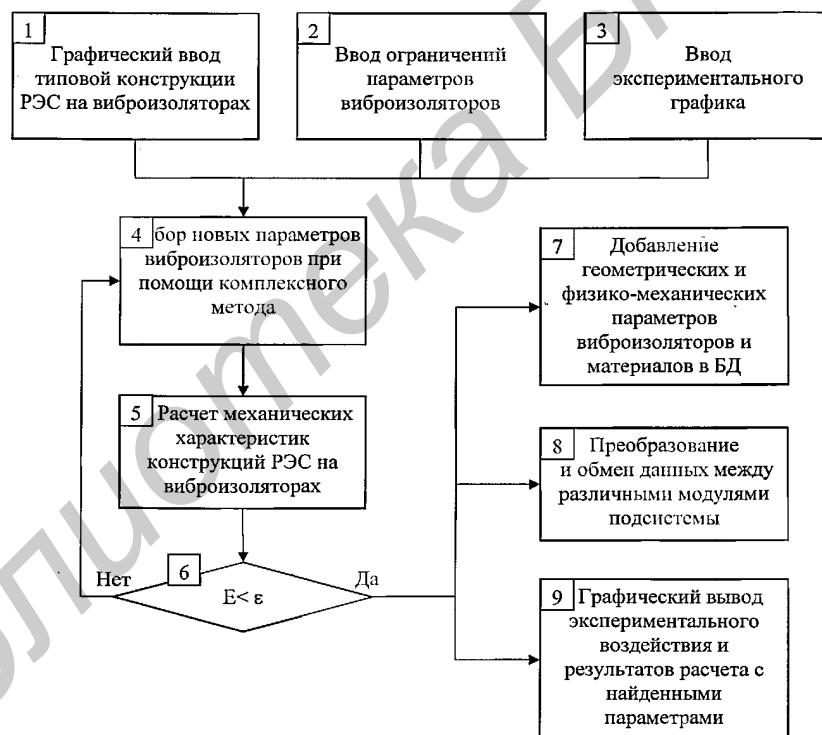


Рисунок 3 – Структура методики идентификации параметров виброизоляции в конструкциях РЭС

1. Осуществляется графический ввод макета конструкции РЭС на виброизоляторах и начальных значений параметров виброизоляторов.
2. Вводятся ограничения параметров виброизоляторов.
3. Вводится график выходной характеристики, полученной в результате проведённого эксперимента.

4. Инициализация и запуск комплексного метода оптимизации. На каждой итерации метода происходит выбор новых параметров виброизоляторов.

5. Передача новых параметров виброизоляторов в основной расчётный модуль программы и предварительный расчет механических характеристик конструкций РЭС на виброизоляторах.

6. Если погрешность меньше указанной ($E > \varepsilon$), то получаем результаты идентификации параметров виброизоляторов и выполняем пункты 7-9, иначе выполняется следующая итерация комплексного метода в п. 4.

7. Добавление геометрических и физико-механических параметров виброизоляторов и материалов в справочную базу данных.

8. Преобразование и обмен данными между различными модулями подсистемы - передача данных о виброизоляторах в другие модули программы для их дальнейшего использования.

9. Графический вывод результатов расчета механических характеристик конструкции РЭС на виброизоляторах с идентифицированными параметрами.

Структура методики автоматизированного проектирования приведена на рисунке 4.

Блоки 1-3. После получения ТЗ на разработку конструкции, составленного на основе НТД, которое также содержит и пределы допустимых ускорений и перемещений конструкции при определенных видах механических воздействий, производится его анализ и выделение основных воздействующих факторов. На основании полученных данных производится проектирование структуры конструкции с позиции общих геометрических параметров, удовлетворяющих требованиям ТЗ.

Блок 4. Осуществляется анализ тепловых процессов в конструкции РЭС. Рассчитанные характеристики проверяются на соответствие требованиям ТЗ. В случае несоответствия производится анализ причин превышения допустимых условий и внесение на его основе соответствующих изменений в конструкцию РЭС. Полученные в результате моделирования тепловые поля используются для вычисления температурозависимых механических параметров, которые играют роль внутренних параметров при моделировании механических процессов.

Блоки 5-6. В случае наличия в составе конструкции РЭС нетиповых виброизоляторов проводятся экспериментальные исследования для определения их механических характеристик согласно методике идентификации параметров виброизоляторов, разработанной в п. 3.5.

Блок 7. На основании, результатов эскизного проектирования конструкций, входящих в состав электронной модели, производится создание моделей конструкций. При этом механические параметры элементов и виброизоляторов могут быть импортированы из справочной базы данных, либо из результатов идентификации.

Блок 8. На основании, результатов эскизного проектирования конструкций, входящих в состав электронной модели, производится создание мо-

делей конструкций. При этом механические параметры элементов и виброизоляторов могут быть импортированы из справочной базы данных, либо из результатов идентификации.

Блок 9. Производится расчет и анализ механических характеристик вариантов конструкции с целью определения устойчивости к заданным видам воздействия, путём математического моделирования на ЭВМ. Если анализ позволяет выявить варианты конструкции, удовлетворяющие требованиям НТД, то происходит переход к блоку 15, в противном случае необходим синтез новых вариантов конструкции (блок 11).



Рисунок 4 – Структурная схема методики автоматизированного проектирования конструкций РЭС на виброизоляторах

Блок 11-14. На основе метода автоматизированного синтеза конструкций РЭС на виброизоляторах производится синтез новых вариантов конструкции и проверка характеристик вариантов на соответствие, требованиям ТЗ. При этом происходит синтез как параметров виброизоляторов конструкции, так и ее структуры. По результатам синтеза могут быть предприняты следующие действия:

– корректировка ТЗ – производится в случае невозможности синтеза конструкций, соответствующих заданным требованиям;

– внесение изменений в конструкцию — производится в случае необходимости выбора или конструирования новых виброизоляторов с оптимальными механическими параметрами, по результатам параметрической оптимизации;

– проектирование нового варианта конструкции — необходимо, если по результатам структурной оптимизации требуется изменение количества или расположения виброизоляторов, либо необходимо применение многоуровневой виброизоляции.

Блоки 15-16. Результатом анализа и синтеза конструкций' является множество вариантов конструкции, удовлетворяющих требованиям НТД. Из этих вариантов выбирается наилучший с точки зрения стойкости к механическим воздействиям и требований- технического задания. После выполнения всех требований формируется окончательный вариант конструкции РЭС и происходит сохранение результатов проектирования и моделирования в электронной модели.

Таким образом, разработанная методика позволяет целенаправленно обеспечивать требования технического задания к механическим воздействиям на основе математического моделирования и *CALS*-идеологии, и обоснованно осуществлять автоматизированное проектирование конструкций РЭС, стойких к механическим воздействиям, что позволяет, в конечном счете, существенно снизить материальные и временные затраты на разработку аппаратуры и повысить ее качество.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Главным результатом работы является разработка методики автоматизированного проектирования конструкций РЭС, на основе рассмотренных методов и алгоритмов, которые обеспечивают эффективное проектирование конструкций РЭС стойких к механическим воздействиям на основе систем виброизоляции, позволяющие обоснованно и целенаправленно в минимальные сроки осуществлять синтез конструкций РЭС с соблюдением требований НТД по механическим характеристикам. Основные научные теоретические и практические результаты работы состоят в следующем:

1. Решена задача автоматизированного синтеза конструкций РЭС на виброизоляторах, стойких к механическим воздействиям, с учетом многоуровневой виброизоляции, температуры и возможностью осуществления параметрической и структурной оптимизации.

2. Рассмотрен алгоритм автоматического синтеза моделей механических процессов в конструкциях РЭС на виброизоляторах, позволяющие создать программное обеспечение, предназначенное для использования разработчиками аппаратуры, не являющимися специалистами в области математического моделирования.

3. Изучены алгоритмы, позволяющие осуществлять анализ конструкций с многоуровневой виброизоляцией.

4. Решена задача идентификации в динамическом режиме неизвестных упругих и демпфирующих характеристик виброизоляторов

5. Разработана методика автоматизированного проектирования конструкций РЭС на виброизоляторах, позволяющая обоснованно осуществлять проектирование конструкций РЭС, стойких к механическим воздействиям, с учетом температуры.

6. Осуществлено внедрение созданной методики в учебный процесс вуза.

Результаты диссертационной работы внедрены в учебный процесс Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

1–А. Стогов, О.Н. Алгоритм структурной оптимизации конструкций РЭС на виброизоляторах / О.Н. Стогов, М.Г. Зайцев // Современные проблемы радиотехники и телекоммуникаций РТ-2015, Материалы 11-ой международной молодежной научно-технической конференции, 16-20 ноября 2015 г, г. Севастополь, – 2015 – С. 175.

2–А. Стогов, О.Н. Алгоритм автоматического синтеза моделей механических процессов в конструкциях РЭС на виброизоляторах/ О.Н. Стогов, М.Г. Зайцев // Современные проблемы радиотехники и телекоммуникаций РТ-2015, Материалы 11-ой международной молодежной научно-технической конференции, 16-20 ноября 2015 г, г. Севастополь, – 2015 – С. 176.

3–А. Стогов, О.Н. Алгоритм расчета характеристик конструкций РЭС с многоуровневой виброизоляцией / О.Н. Стогов, Е.П. Шилободин // Современные проблемы радиотехники и телекоммуникаций РТ-2015, Материалы 11-ой международной молодежной научно-технической конференции, 16-20 ноября 2015 г, г. Севастополь, – 2015 – С. 175.

4–А. Стогов, О.Н. Алгоритм учета нелинейностей при анализе конструкций РЭС, установленных на виброизоляторах / О.Н. Стогов // Компьютерное проектирование и технология производства электронных средств: сб. статей 51-ой научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов (Минск, 13-17 апреля 2015 года) – Минск: БГУИР, 2015.

5–А. Стогов, О.Н. Методика идентификации параметров виброизоляторов конструкции РЭС / О.Н. Стогов // Компьютерное проектирование и технология производства электронных средств: сб. статей 51-ой научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов (Минск, 13-17 апреля 2015 года) – Минск: БГУИР, 2015.

6–А. Стогов, О.Н. Структура методики автоматизированного проектирования конструкций РЭС на виброизоляторах / О.Н. Стогов // Компьютерное проектирование и технология производства электронных средств: сб. статей 51-ой научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов (Минск, 13-17 апреля 2015 года) – Минск: БГУИР, 2015.

РЕЗЮМЕ

Стогов Олег Николаевич

Обеспечение стойкости радиоэлектронных средств к механическим воздействиям на основе систем виброизоляции

Ключевые слова: виброизолятор, многоуровневая виброизоляция, алгоритм автоматического синтеза, алгоритм оптимизации.

Цель работы: разработка компьютерной модели системы дистанционного управления механизмами специального назначения на базе алгоритмов детектирования опорных точек, распознавания жестов и знаковых элементов движений человека.

Полученные результаты и их новизна:

- исследован метод автоматизированного синтеза конструкции РЭС с многоуровневой виброизоляцией;
- изучена методика идентификации параметров виброизоляторов, позволяющая определить упругие и демпфирующие характеристики виброизоляторов;
- разработана методика автоматизированного проектирования конструкций РЭС на основе виброизоляции.

Степень использования: на основе разработанных методов и алгоритмов полученные результаты применены в САПР «АСОНИКА».

Область применения: САПР, IT-технологии.

РЭЗІЮМЭ

Стагоў Алег Мікалаевіч

Забеспячэнне стойкасці радыёэлектронных сродкаў да механічных уздзеянняў на аснове сістэм вібраізаляцыі

Ключавыя словы: віброізолятар, шматузроўневая вібраізаляцыя, алгарытм аўтаматычнага сінтэзу, алгарытм аптымізацыі.

Мэта працы: распрацоўка кампутарнай мадэлі сістэмы дыстанцыйнага кіравання механізмамі спецыяльнага прызначэння на базе алгарытмаў дэтэктавання апорных кропак, распазнання жэстаў і знакавых элементаў рухаў чалавека.

Атрыманыя вынікі і іх навізна:

- Даследаваны метады аўтаматызацыі сінтэзу канструкцыі РЭС з шматузроўневай вібраізаляцыяй;
- Вывучана метадыка ідэнтыфікацыі параметраў віброізолятараў, якая дазваляе вызначыць пругкія і дэмпфіроўныя характарыстыкі віброізолятараў;
- Распрацавана метадыка аўтаматызацыі праектавання канструкцый РЭС на аснове вібраізаляцыі.

Ступень выкарыстання: на аснове распрацаваных метадаў і Алгарытмаў атрыманыя вынікі ужытыя ў САПР «АСОНИКА».

Вобласць ужывання: САПР, ІТ-тэхналогіі.

SUMMARY

Oleg Stogov

Ensuring stability of radio-electronic means of mechanical stability on the basis of isolation systems

Keywords: vibration isolator, a multi-level vibration isolation, automatic synthesis algorithm, the optimization algorithm.

Objective: To develop a computer model of the system of remote control mechanisms on the basis of special purpose algorithms for the detection of reference points, gesture recognition and iconic elements of human movement.

The results and their novelty:

- Investigated the method of construction of the automated synthesis RES multilevel vibration isolation;
- Methods of identification of parameters studied isolators, allowing to determine the elastic and damping characteristics of the shock absorbers;
- The technique of computer-aided design of structures based on vibration isolation RES.

Extent of use: on the basis of the developed methods and algorithms, the results are applied in CAD "ASONIKA."

Applications: CAD, IT-technologies.