

время дыхательных движений, которая облучается только в моменты нахождения ее строго в поле облучения. Во время облучения, синхронизированного с дыхательными движениями пациента, пучок задерживается, пока зона облучения находится за пределами предписанных границ. Как только мишень возвращается внутрь этих границ, происходит облучение. Это позволяет существенно уменьшить объемы лучевого воздействия на нормальные ткани.

**RapidArc** - методика для проведения лучевой терапии под визуальным контролем с модуляцией интенсивности с возможностью одновременного изменения формы, интенсивности пучка, а также угловой скорости вращения линейного ускорителя. Основными достоинствами технологии являются точность и вариативность подведения радиации, а также значительное ускорение лечения в сравнении со стандартной реализацией облучения с модуляцией интенсивности. Методика RapidArc имеет две ключевых особенности – вращательное движение излучателя (одновременно с вращением изменяются и иные параметры пучка) и быстрая смена параметров для каждого положения из полной окружности, т.е. 360 градусов – что в 36 раз превосходит аналоги. Благодаря такому диапазону удается достигнуть конечного объемного распределения дозы радиации, имеющего максимальное соответствие с формой опухоли. При этом в центр опухолевого очага подводится наибольшая доза, а граничные ткани получают меньшую дозу, чтобы свести к минимуму повреждения здоровых тканей. Несмотря на то, что реализация данного подхода требует более сложных подготовительных мероприятий, сам сеанс лучевой терапии проходит значительно быстрее, что значительно повышает комфорт для пациента и дает возможность медицинскому учреждению ежедневно обслуживать большее число больных. Применение данной методики универсально и может использоваться для всех видов онкологических заболеваний, для которых применимо облучение. Наибольшие преимущества достигаются при лучевой терапии опухолей, расположенных вблизи радиочувствительных тканей таких органов как почки, кишечник, мочевой пузырь, легкие, спинной мозг, околоушная железа и проч.

Список использованных источников:

1. Крутилина Н. И. Принципы и методы лучевой терапии злокачественных опухолей/ Н. И. Крутилина, И. И. Минаило // Метод. Рекомендации. – Минск, 2008. – 35 с.
2. Brady L. W., Heilmann H. P., Molls M., Nieder C. // Radiother. and Oncol. – 2008.
3. Dobbs J., Barrett A., Ash D. Practical radiotherapy planning. – 1999.

## АНАЛИЗ МЕТОДОВ ЗАЩИТЫ БЛОКОВ ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ ОТ МЕХАНИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
г. Минск, Республика Беларусь*

*Каминский Е.С.*

*Хмыль А.А. – д-р тех.наук, профессор*

Современное развитие науки и техники в области конструирования радиоэлектронных средств сталкивается с необходимостью надёжного и безотказного функционирования аппаратуры аэрокосмического комплекса. Учитывая большую стоимость таких объектов и важность выполняемых ими задач, особое внимание при проектировании РЭС для таких объектов приобретает обеспечение защищенности аппаратуры от механических воздействий.

Защитные системы от наиболее распространенных видов механических воздействий, к которым относятся вибрации и удары, могут быть пассивными и активными. Пассивные виброзащитные системы по сравнению с активными более просты в исполнении и не требуют для выполнения своих функций затрат дополнительной энергии [1].

Пассивные способы виброзащиты можно условно подразделить на три основные разновидности: увеличение жесткости, демпфирование, использование виброизоляторов.

Виброзащита за счет увеличения жесткости конструктивных элементов блоков, которое можно обеспечить применением ребер жесткости, отбортовок, оптимизацией геометрических размеров и другими способами, может быть пояснена с помощью АЧХ, представленной на рисунок 1. Из нее следует, что если известен диапазон частот воздействующих вибраций, например от  $f_n$  до  $f_v$ , то элементы конструкции будут находиться в относительно благоприятных условиях эксплуатации, если вывести их значения собственных частот  $f_0$  из диапазона частот воздействий, обеспечив выполнение соотношения  $f_0 > 2f_v$ .

Практика проектирования печатных плат показывает, что без применения демпфирующих покрытий значения их собственных частот должны обычно находиться в пределах 500...800 Гц. В этих же пределах или выше их должны быть значения собственных частот стенок корпусов аппаратуры, в которых монтируются платы. В наибольшей степени этим требованиям отвечают литые корпуса с ребрами жесткости. Использование демпфирующих покрытий и слоистых конструкций пояснено амплитудно-частотной характеристикой, представленной на рисунке 2.

Эффективность использования виброизоляторов пояснена амплитудно-частотной характеристикой, изображенной на рисунке 3 [1]. Данный способ виброзащиты — наиболее эффективный, так как только он обеспечивает получение значения коэффициента динамического усиления  $k < 1$ .

Применение виброизоляторов позволяет обеспечить наиболее эффективную защиту РЭС от вибраций и ударов. Высокая эффективность виброзащиты с использованием виброизоляторов обусловлена тем, что значение коэффициента динамического усиления системы в виде блока на виброизоляторах (упругих опорах) в зарезонансной области становится меньше единицы, а это означает, что защищаемый объект будет совершать вынужденные колебания с амплитудой меньшей, чем амплитуда колебаний основания, на котором он установлен.

Используемые в настоящее время виброизоляторы можно подразделить на следующие разновидности: резинометаллические; пружинные с воздушным демпфированием; пружинные с фрикционным демпфированием; цельнометаллические; специальные, например, с регулируемыми параметрами [2].

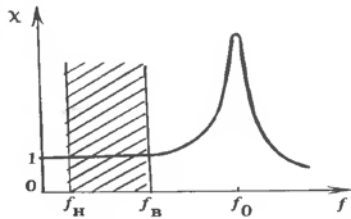


Рис. 1 – АЧХ при увеличении жесткости конструкции элементов

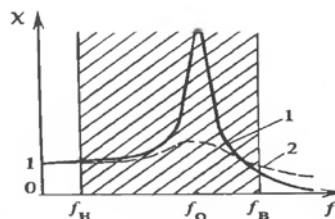


Рис. 2 - АЧХ при увеличении степени демпфирования конструктивного элемента

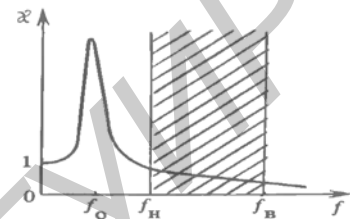


Рис. 3 - АЧХ виброизолированного объекта

Кроме рассмотренных выше наиболее употребительных способов виброзащиты, в практике конструирования РЭС используют и другие: соответствующую ориентацию конструктивных элементов относительно направления вектора действующих вибраций; размещение наиболее чувствительных элементов блока в местах конструкции, характеризующихся малыми значениями коэффициента динамического усиления; применение виброустойчивых и вибропрочных ЭРЭ, транзисторов и ИС, элементов компенсации виброшумов, гибких печатных плат и др. Все эти способы виброзащиты также относят к пассивным [2].

Вместе с широким использованием пассивных способов виброзащиты в последние годы большое внимание уделяется и так называемым активным. Активная система виброзащиты строится, как правило, на основе динамического гасителя колебаний с регулированием величины его упругой связи. Динамический гаситель в качестве средства защиты известен давно и используется в случае необходимости защиты объектов от вибраций, характеризующихся постоянной частотой. Динамические гасители применяются также для улучшения динамических характеристик объектов и при ударных воздействиях.

Динамический виброгаситель в простейшем случае представляет собой массу  $m_2$ , закрепленную с помощью пружины жесткостью  $k_2$  к объекту защиты (рисунок 4) [2].

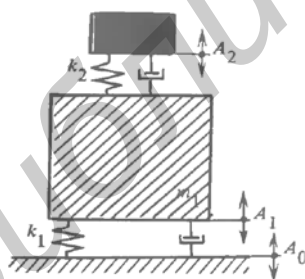
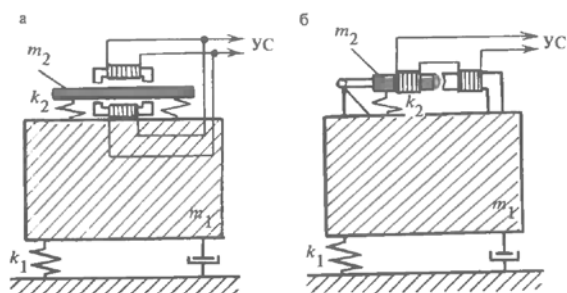


Рис. 4 - Динамический виброгаситель



а – с поступательными движениями динамического гасителя колебаний; б – с поворотным якорем  
Рис. 5 – Варианты электрических исполнительных устройств активной виброзащиты

Подбором величины массы  $m_2$  и величины жесткости пружины  $k_2$  обеспечивается такой режим колебаний, при котором амплитуда колебаний объекта  $A_1$  минимальна на частоте возмущающих колебаний с амплитудой  $A_0$ . Однако ввиду своей сильной частотной избирательности этот способ виброзащиты не нашел широкого распространения при организации защиты блоков, установленных на подвижных объектах, так как подобные условия эксплуатации не являются типичными для РЭС. Вместе с тем, динамические виброгасители стали основой для построения систем активной виброзащиты, включающих системы автоматического регулирования, датчики, корректирующие звенья, источники энергии и исполнительные устройства. Роль корректи-

рующих звеньев, формирующих управляющий сигнал (УС) в системах активной виброзащиты, могут выполнять микропроцессоры, а исполнительные устройства могут быть электрическими, пневматическими и гидравлическими. Два варианта электрических исполнительных устройств систем активной виброзащиты представлены на рисунке 5.

Список использованных источников:

1. Каленкович Н.И. Механические воздействия и защита радиоэлектронных средств/ Н.И. Каленкович, Е.П. Фастовец, Ю.В. Шамгин. – Мн.: Выш. шк., 1989. – 244с.
2. Муромцев, Ю.Л. Основы конструирования и технологии РЭС: учебное пособие/ Ю.Л. Муромцев, А.П. Пудовкин, Н.А.Кольтюков и др. – Тамбов: Изд-во Тамбовского ВВАИУРЭ, 2007. – 267 с.

## АССИСТИРУЮЩАЯ СТУПЕНЬ МАГНЕТРОННОЙ СИСТЕМЫ РАСПЫЛЕНИЯ

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
г. Минск, Республика Беларусь

Дятчик А. Ю.

Дик С. К. – канд. физ.-мат. наук, доцент

В связи с ростом актуальности получения высококачественных тонкопленочных слоев и развитием отраслей электронного и оптического приборостроения возрастает интерес к получению покрытий с особыми электрофизическими, оптическими и механическими свойствами на различных органических и неорганических материалах.

Перспективными методами формирования тонкопленочных слоев являются технологические процессы, основанные на ионной бомбардировке выращиваемой фазы [1]. Облучение поверхности подложки ионами в процессе выращивания пленок - ионное ассистирование (ion beam assisted deposition - IBAD), позволяет в широких пределах управлять свойствами наносимых слоев за счет независимой регулировки потоков наносимого материала ионов на подложку. IBAD процессы могут осуществляться при формировании пленок ионно-лучевыми методами, что получило наибольшее распространение. Для осуществления процессов IBAD была разработана интегрированная ионно-плазменная система.

В качестве основы при разработке магнетронной системы с ассистирующей ступенью был положен принцип стимуляции магнетронного разряда ионным пучком. Конструкция выполнена на базе существующего ионно-лучевого источника, исходя из совместно-осевого расположения магнетрона и ионно-лучевого источника (рис. 1).

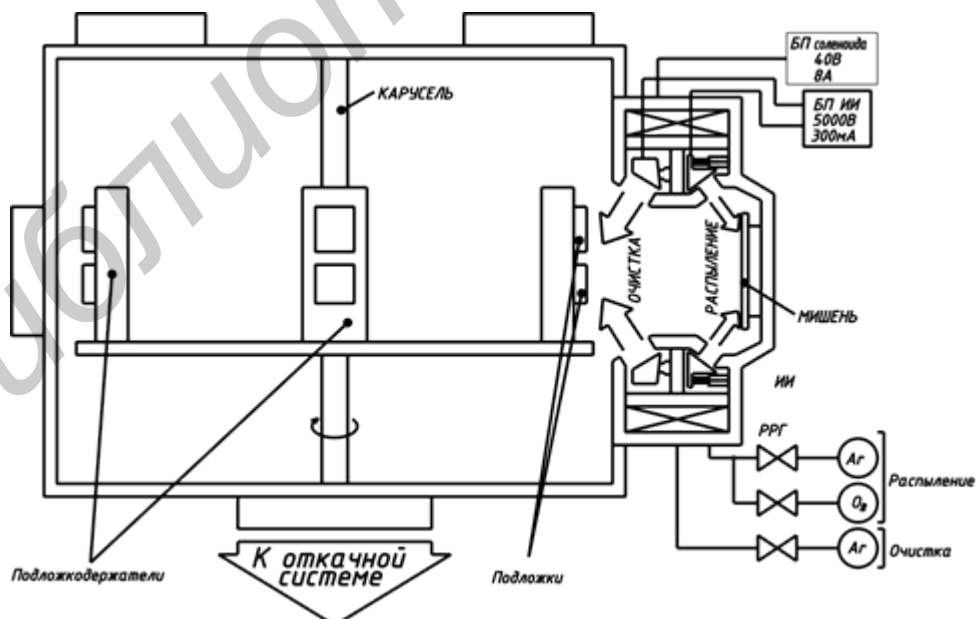


Рис. 1 – Конструкция магнетронной распылительной системы

В вакуумной камере расположена карусель, где установлены подложкодержатели с подложками из кремния или стекла. С помощью регулятора расхода газов осуществляется подача газов (аргон, кислород) для очистки и распыления металлической мишени (цинка). Мишень крепится прижимом с винтами к мишенедержателю, в конструкции которого предусмотрена полость для циркуляции жидкости (система охлаждения). В каче-