

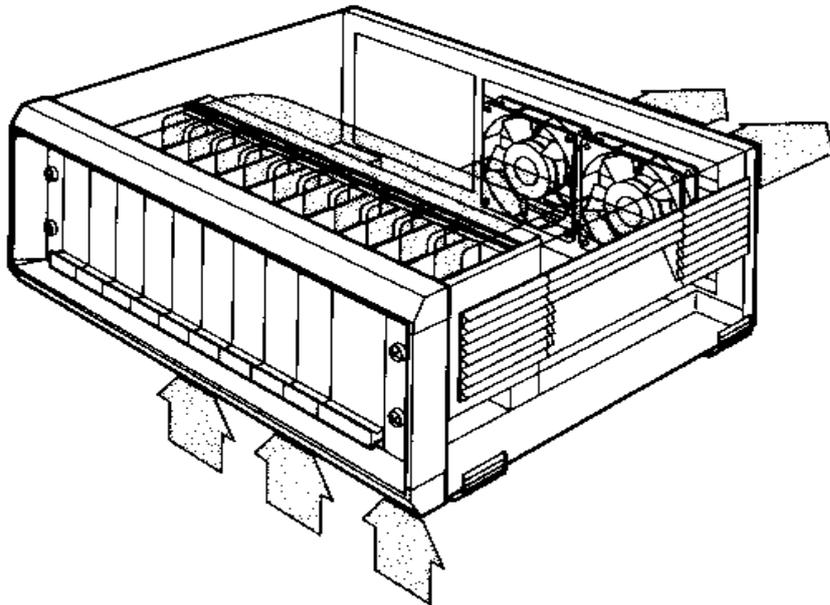


Кафедра конструирования
и производства радиоаппаратуры

А.К.Кондаков

ВЫБОР И РАСЧЕТ СИСТЕМЫ АМОРТИЗАЦИИ БЛОКА РЭС

Методическое пособие для выполнения практического занятия
для студентов радиотехнического факультета по дисциплине
«Основы конструирования и технологии производства
радиоэлектронных средств»



Томск 2012

ВЫБОР И РАСЧЕТ СИСТЕМЫ АМОРТИЗАЦИИ БЛОКА РЭС

Настоящее методическое пособие дает возможность студентам спроектировать по индивидуальному заданию систему амортизации блока РЭС.

Методика расчёта системы амортизации включает в себя три раздела.

В первом разделе рассмотрен статический расчёт, целью которого является выбор типа, схемы монтажа и числа амортизаторов.

Во втором разделе приведён расчёт на вибрационное воздействие, в результате чего оценивают эффективность защиты РЭС от вибраций выбранными амортизаторами.

В третьем разделе изложена методика расчёта на ударное воздействие, по которой определяют эффективность защиты блока РЭС от ударов.

Задание на проведение расчета выдается студенту индивидуально и включает следующие пункты:

- размеры блока;
- массу четырех функциональных узлов, расположенных внутри блока;
- координаты центров тяжести этих функциональных узлов;
- условия эксплуатации блока РЭС;
- диапазон частот внешних механических воздействий и максимальное ускорение воздействующих на блок вибраций, выраженное в единицах g (ускорение свободного падения);
- параметры внешних ударных воздействий на блок;
- минимально допустимые параметры вибраций и ударов, которые выдерживает блок в процессе эксплуатации.

1. Статический расчёт системы амортизации РЭС

1.1. Определяют координаты центра тяжести блока РЭС

$$X = \frac{\sum_{i=1}^n G_i X_i}{\sum_{i=1}^n G_i} \quad Y = \frac{\sum_{i=1}^n G_i Y_i}{\sum_{i=1}^n G_i} \quad Z = \frac{\sum_{i=1}^n G_i Z_i}{\sum_{i=1}^n G_i}$$

где X_i, Y_i, Z_i – координаты электрорадиоэлементов или функциональных узлов (ФУ) входящих в блок;

$G_i = m_i \cdot g$ – вес i -го электрорадиоэлемента или ФУ, Н (ньютонов);

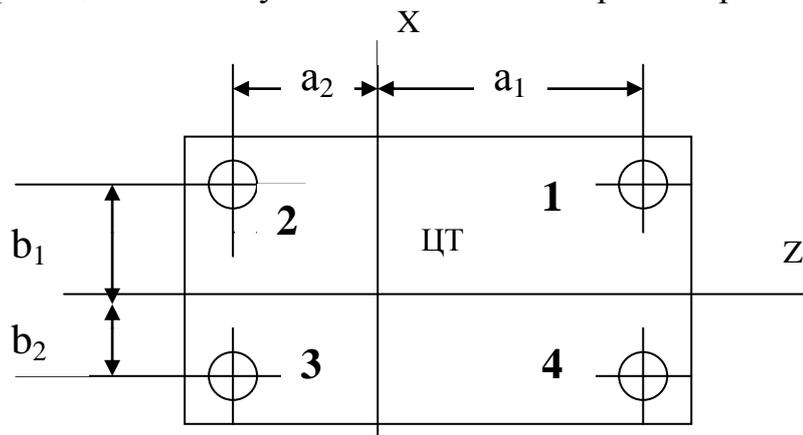
$G = \sum G_i$ – вес блока РЭС;

m_i – масса i -го функционального узла, кг;

n – число электрорадиоэлементов и ФУ;

1.2. Выбирают схему монтажа амортизаторов. Схему монтажа амортизаторов блока в индивидуальном задании выбирают нижнее, т.е. крепление амортизаторов осуществляется на основании блока в 4-х точках по углам симметрично на расстоянии 2 см от края.

Проекция блока с установленными амортизаторами приведена ниже.



Необходимые в дальнейшем для определения локальных нагрузок значения координат центров крепления амортизаторов (a_1, a_2, b_1, b_2) относительно центра тяжести блока определяют из следующих выражений

$$a_1 = A - Z - 0,02; \quad a_2 = A - a_1 - 0,04; \quad b_1 = B - X - 0,02; \quad b_2 = B - b_1 - 0,04$$

где Z и X – координаты ЦТ блока;
 A и B – длина и ширина блока.

1.3. Находят нагрузку F_i (в ньютонах) на каждый амортизатор по формулам

$$F_1 = G \cdot (a_2 \cdot b_2) / (a_1 + a_2) \cdot (b_1 + b_2);$$

$$F_2 = G \cdot (a_1 \cdot b_2) / (a_1 + a_2) \cdot (b_1 + b_2);$$

$$F_3 = G \cdot (a_1 \cdot b_1) / (a_1 + a_2) \cdot (b_1 + b_2);$$

$$F_4 = G \cdot (a_2 \cdot b_1) / (a_1 + a_2) \cdot (b_1 + b_2);$$

Существуют другие способы определения нагрузок F_i на амортизаторы.

1.4. По значениям нагрузок на каждый амортизатор и условиям эксплуатации блока РЭС из предложенных таблиц в конце методического пособия выбирают подходящий (из трех вариантов) типоразмер амортизаторов. Каждый амортизатор характеризуется статическим коэффициентом жесткости k_{cm} , необходимым в дальнейшем для расчетов.

1.5 Определяют величину деформации δ_i (сжатия от нагрузки) каждого амортизатора по формуле

$$\delta_i = F_i / k_{cm},$$

где k_{cm} – статический коэффициент жесткости выбранного амортизатора.

1.6. Определяют толщину выравнивающих прокладок под амортизаторы. Выравнивающие прокладки применяют в тех случаях, когда выбраны разные типоразмеры амортизаторов или когда нагрузка на них не одинакова.

Выравнивающие прокладки позволяют блоку РЭС занимать строго горизонтальное положение в пространстве и тем самым исключается появление (за

счет наклонного положения блока) дополнительных гармоник механических колебаний в системе.

Толщина выравнивающей прокладки для i -го амортизатора рассчитывается по формуле

$$\Delta i = \delta_i - \delta_1 + \Delta h_{1-i},$$

где δ_i - деформация i -го амортизатора;

δ_1 - деформация одного из амортизаторов, устанавливаемого без прокладки (с наименьшей деформацией (смещением));

Δh_{1-i} - разность габаритных высот разных конструкций амортизаторов ($H_1 - H_i$) в ненагруженном состоянии.

В примере расчета задания допускается выбирать все четыре амортизатора одного типоминнала.

2. Расчет системы амортизации РЭС на вибрационное воздействие

2.1. Определяют частоты собственных колебаний блока РЭС.

Количество частот и их величины зависят от числа степеней свободы РЭС, схемы монтажа, типа применяемых амортизаторов.

Для блока РЭС, установленного на амортизаторы с одной степенью свободы, угловая частота собственных колебаний определяется по формуле:

$$\omega_0 = \sqrt{k_{\Sigma} / m},$$

где k_{Σ} - суммарная статическая жесткость всех амортизаторов, Н/м.

m – масса блока РЭС, кг;

Статическая жесткость амортизаторов приведена в таблице 3 приложения.

2.2. Определяют коэффициент динамичности блока РЭС (μ) с амортизаторами, т.е. степень защиты блока от внешних механических вибраций. Для этого используют амплитудно - частотную характеристику (АЧХ) выбранного амортизатора. АЧХ амортизаторов приведены в приложении.

2.3. Определяют наибольшую перегрузку РЭС ($j_{\text{в}}$) в заданном диапазоне частот вибрации

$$j_{\text{в}} = \mu \cdot j_{\text{вв}}$$

где μ – максимальная величина коэффициента динамичности выбранного амортизатора в диапазоне воздействующих частот (нижняя частота внешних воздействующих механических колебаний);

$j_{\text{вв}}$ – ускорение воздействующих на блок вибраций, выраженное в единицах g (ускорение свободного падения).

2.4. Сравнивают полученную в результате расчета перегрузку блока РЭС от вибраций с допустимой величиной, указанной в задании. Если перегрузка превышает допустимую, то, начиная с анализа исходных данных, повторяют расчёт для другого типа амортизатора. При анализе исходных данных обраща-

ют внимание на амплитудный спектр вибрационных воздействий и возможность изменения места установки блока РЭС на объекте.

3. Расчет системы амортизации РЭС на ударное воздействие

3.1. Строят суммарные характеристики: силовую ударную (зависимость деформации от силы удара) и суммарную энергоемкости (зависимость потенциальной энергии, запасенной в амортизаторах, от их деформации) для системы амортизации примененную для защиты блока.

Построение суммарных характеристик производят путем сложения характеристик используемых в системе амортизаторов. Сила, соответствующая величине деформации в суммарной силовой ударной характеристике, определяется сложением сил из силовых ударных характеристик при этой же деформации.

Аналогично строят суммарную характеристику энергоемкости путем сложения характеристик энергоемкости амортизаторов при фиксированных деформациях. Следует учитывать, что графики в приложении приведены для одного амортизатора, а защищаемый блок имеет четыре амортизатора, это значит, что внешние вибрации и удары действуют на основание блока через четыре амортизатора.

Можно провести упрощенный расчет на ударное воздействие не строя суммарные характеристики, а непосредственно по графикам силовой ударной и характеристике энергоемкости, но тогда необходимо обязательно перераспределить возникающую общую силу удара, приходящую на все четыре амортизатора блока, соответственно на каждый отдельный амортизатор.

Характеристики силовые ударные $F(\delta)$ (в ньютонах) и характеристики энергоемкости $\Pi(\delta)$ (в ньютонах на сантиметр) приведены в зависимости от деформации амортизатора на графиках в приложении. Следует обязательно учитывать размерность в приведенных графиках.

Далее расчет на ударное воздействие ведут в следующем порядке.

3.2. Определяют приращение скорости основания, на котором установлен блок РЭС с амортизаторами, за время удара

$$\Delta v = \int_0^{\tau} a(t) dt,$$

где τ - длительность ударного импульса, с;

$a(t)$ – аналитическая зависимость ударного ускорения, м/с^2 .

В таблице приложения приведены формулы определения v для простых форм ударного импульса (в нашем случае форма ударного импульса синусоидальная).

3.3. Находят приращение кинетической энергии РЭС ΔT при ударе (в ньютонах на метр) по формуле

$$\Delta T = m(\Delta v)^2 / 2,$$

где m – масса блока РЭС, кг.

Следует учесть, что эта кинетическая энергия приходится на все четыре амортизатора; на каждый амортизатор энергии приходится в четыре раза меньше. В дальнейшем можно просчитать воздействие удара по отношению к одному амортизатору, при этом упрощается использование графиков энергоёмкости и ударной силовой характеристики амортизатора.

3.4. Определяют максимальную деформацию системы амортизации δ_{\max} по суммарной характеристике энергоёмкости из условия полного перехода кинетической энергии блока РЭС в потенциальную, приложенную к блоку через четыре амортизатора

$$\Delta T = P(\delta_{\max}).$$

Максимальная деформация амортизатора (смещение) не должна превышать его максимального свободного хода (прогиба), зависящего от типоразмера амортизатора.

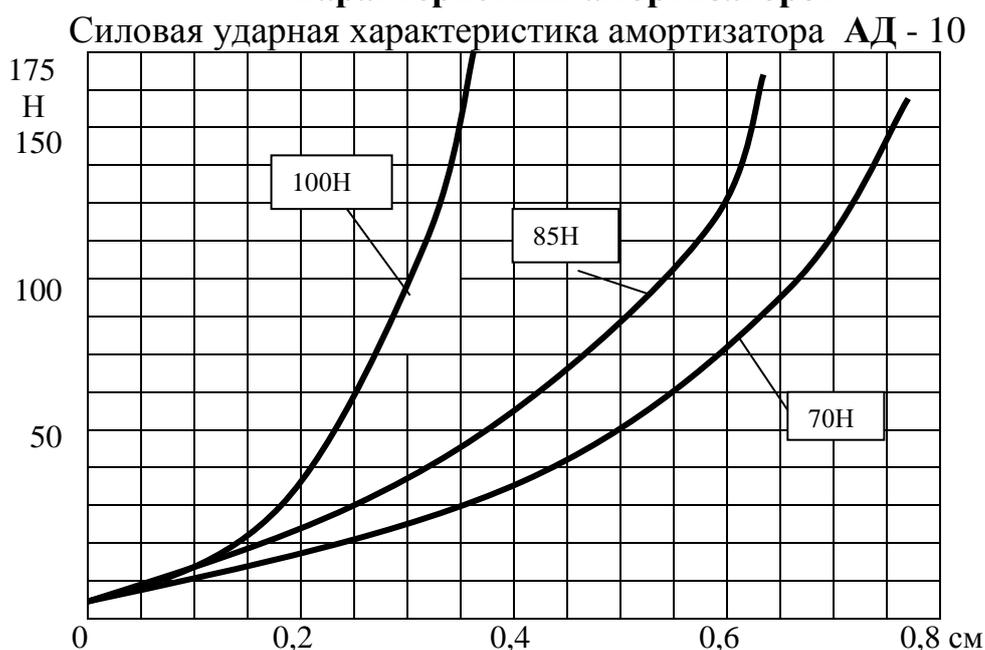
3.5 По суммарной ударной силовой характеристике системы амортизации находят реакцию (условную силу от удара) амортизаторов F_{\max} соответствующую максимальной деформации δ_{\max} , и определяют максимальное ускорение РЭС от удара по формуле

$$a_{\max} = F_{\max}/m.$$

Это значение ускорения получается в абсолютных единицах ускорения т.е. m/c^2 . Для получения результата расчета согласно заданию, его следует перевести в единицы (g), и сравнить с допустимым по условию задания – не более 5g.

Далее следуют выводы по проведенному расчету воздействия вибраций и ударов на блок РЭС.

4. Характеристики энергоёмкости и силовые ударные характеристики амортизаторов



Характеристика энергоёмкости амортизатора АПН - 4

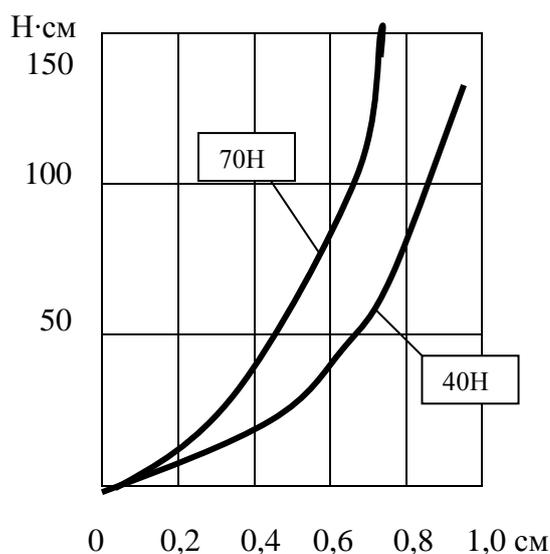
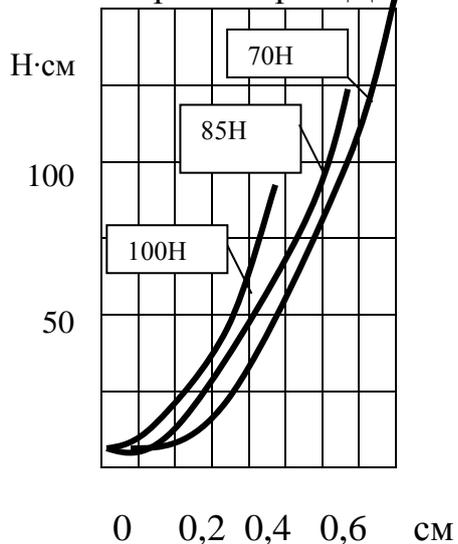


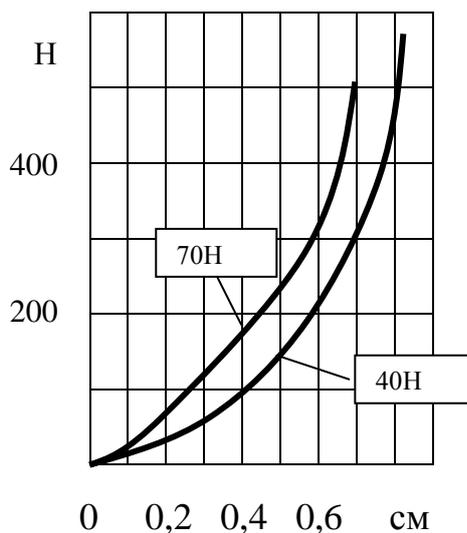
Таблица 3 - Параметры приборных амортизаторов

Типоразмер амортизатора	Нагрузка в осевом направлении, Н			Статический коэффициент жесткости, Н/мм	Размеры основания, мм		Высота Н, мм
	Ном.	min	max		А	В	
1	2	3	4	5	6	7	8
АМОРТИЗАТОРЫ РАВНОЧАСТОТНЫЕ ДЕМПФИРОВАННЫЕ							
АД-1,5	12,5	10	15	2,5	36	48	40
АД-3,0	22,5	15	30	5	36	48	40
АД-5,0	40	30	50	8	36	48	40
АД-7,0	60	50	70	10	36	48	40
АД-10	85	70	100	12	50	65	42
АД-15	125	100	150	16	50	65	42
АМОРТИЗАТОРЫ С ФРИКЦИОННЫМ ДЕМПФИРОВАНИЕМ							
АФД-1	2,5	2	3	1	38	29	41,5
АФД-2	4	3	5	2,6	44	35	42,5
АФД-3	6,2	5	7,5	4,5	44	35	42,5
АФД-4	10	7,5	12,5	7,2	52	41	47
АФД-5	16,2	12,5	20	14,3	52	41	47
АФД-6	25	20	30	20	59	47	52
АФД-7	40	30	50	35	59	47	52
АФД-8	75	50	100	50	67	53	56,5
АФД-9	150	100	200	70	67	53	56,5
АМОРТИЗАТОРЫ ПРОСТРАНСТВЕННОГО НАГРУЖЕНИЯ							
АПН-1	7,5	5	10	6	38	29	39
АПН-2	17,5	10	25	10	44	35	47
АПН-3	35	20	50	25	44	35	46
АПН-4	55	40	70	31	52	41	56
АПН-5	80	60	100	48	52	41	55
АПН-6	120	90	150	50	59	47	60

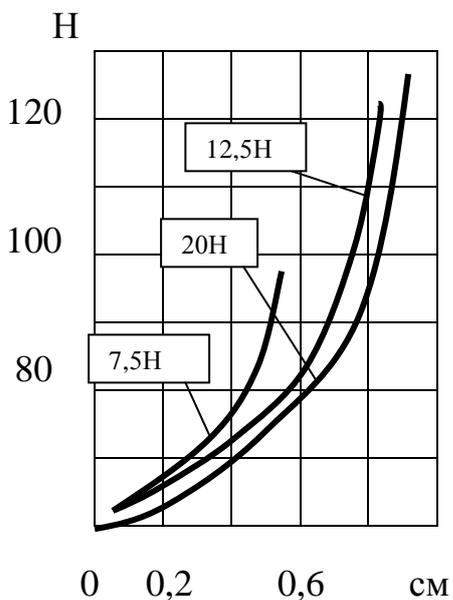
Характеристика энергоёмкости амортизатора АД -10



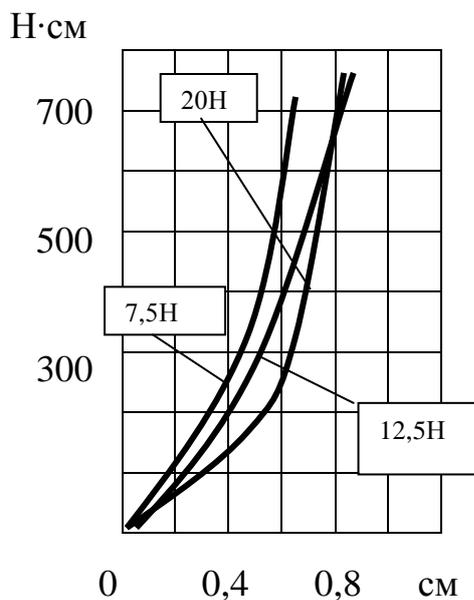
Силовая характеристика амортизатора АПН - 4

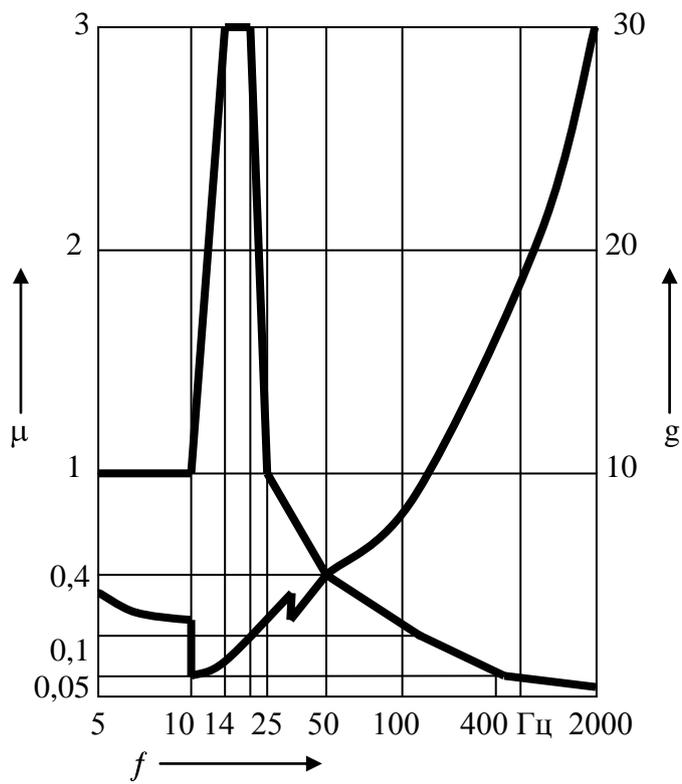


Силовая характеристика амортизатора АФД

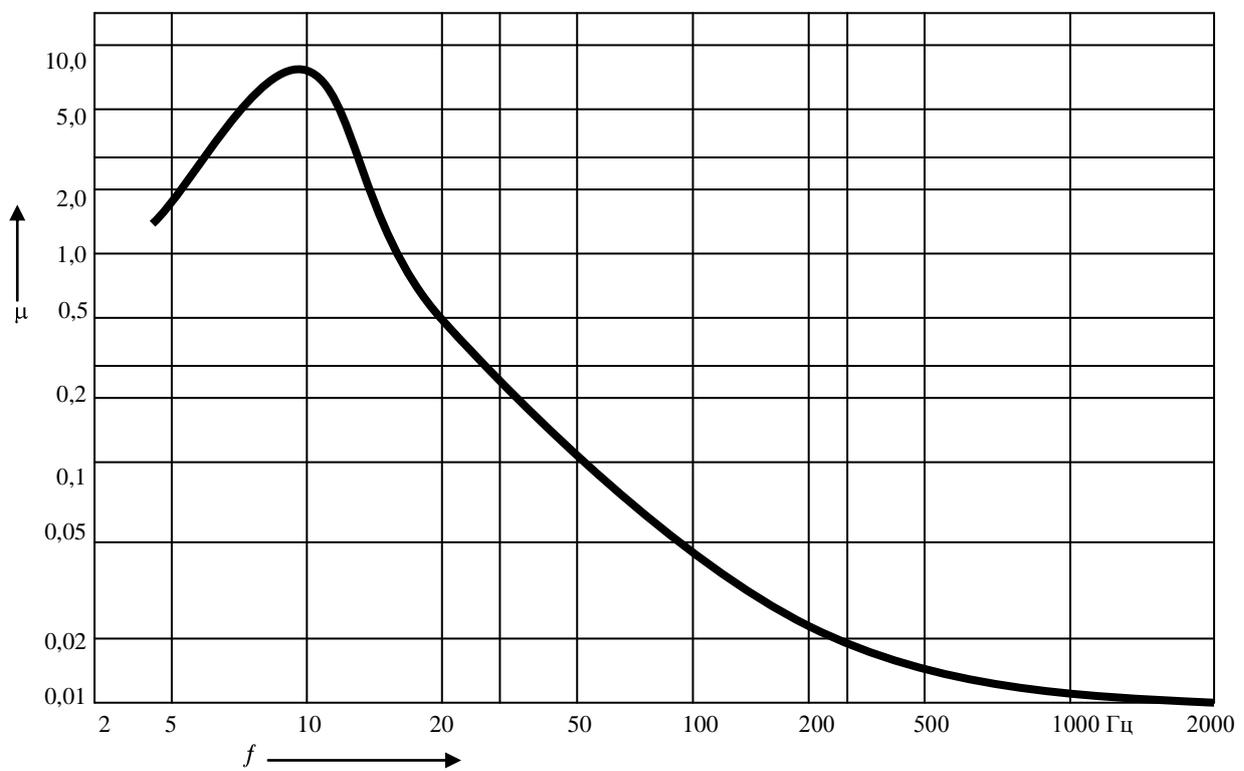


Характеристика энергоёмкости амортизатора АФД

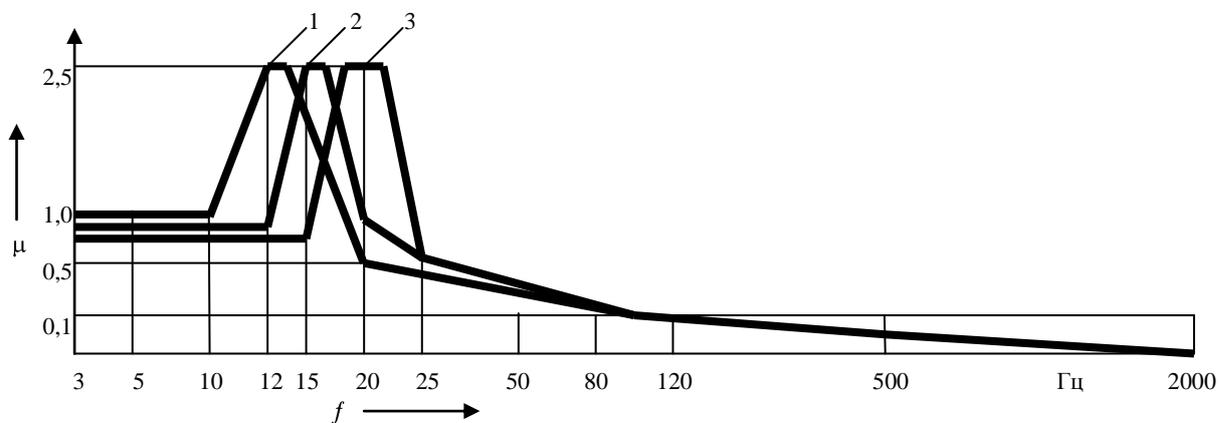




АЧХ цельнометаллических фрикционных амортизаторов типа АФД



АЧХ амортизаторов типа АД с воздушным демфированием



1 – АНН-6; 2 – АНН-2, -3, -4, -5; 3 – АНН-1

АЧХ амортизаторов пространственного нагружения типа АНН

Таблица 1 - Определение v для простых форм ударного импульса

Форма ударного импульса	Аналитическая зависимость $a(t)$	Перемещение за время удара Δu	Приращение скорости основания за время удара Δv	Параметры эквивалентных прямоугольных импульсов	
				$a_{\text{ЭКВ}}$	$\tau_{\text{ЭКВ}}$
Синусоида , длительн τ , ампл a_{max}	$a = a_{\text{max}} \sin(\pi/\tau) \cdot t$	$a_{\text{max}} \tau^2/\pi$	$a_{\text{max}} \tau \cdot 2/\pi$	$a_{\text{max}} 2/\pi$	τ
Полусинусоида , длительн τ , ампл a_{max}	$a = a_{\text{max}} \cos(\pi/2\tau) \cdot t$	$a_{\text{max}} 4\tau^2/\pi^2$	$a_{\text{max}} \tau \cdot 2/\pi$	$a_{\text{max}}/2$	$4\tau/\pi$
Треугольн импульс , ампл a_{max} , длительность τ , τ_1 -передний фронт	$a = (a_{\text{max}}/\tau) \cdot t$ при $0 < t < \tau_1$; $a = (a_{\text{max}}/\tau - \tau_1) \cdot (\tau - t)$ при $\tau_1 < t < \tau$	$a_{\text{max}} \tau (2\tau - \tau_1)/6$	$a_{\text{max}} \tau \cdot 1/2$	$3/4 \cdot a_{\text{max}} \tau / (2\tau - \tau_1)$	$2/3 \cdot (\tau - \tau_1)$

5. ИСПОЛЬЗУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

3.1 Материалы для расчетов системы амортизации РЭС: Учебно-методическое пособие / Чернышев А.А., Кондаков А.К.- Томск, ТУСУР, 2010г., 32 с.

3.2 Козлов В.Г., Кобрин Ю.П., Кондаков А.К. Основы проектирования электронных средств: Методическое пособие / Томск, ТУСУР, 2006г., 172 с.

3.3 Основы проектирования электронных средств. Общие принципы проектирования : учебное пособие / В. Г. Козлов, А. П. Бацула, Ю. П. Кобрин ; - Томск : ТУСУР, 2005. - 150 с.

3.4. Коленкович Н.И. Механические воздействия и защита радиоэлектронных средств. - Минск, 1999 г. – 244 с.