ГОСТ 28222-89 (СТ МЭК 68-2-36-73) Основные методы испытаний на воздействие внешних факторов. Часть 2. Испытания. Испытание Fdb: Широкополосная случайная вибрация. Средняя воспроизводимость

Принявший орган: Госстандарт СССР

Дата введения 01.03.1990

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

1.Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 15.08.89 N 2561 введен в действие государственный стандарт СССР ГОСТ 28222-89, в качестве которого непосредственно применен стандарт Международной Электротехнической Комиссии СТ МЭК 68-2-36-73 с Поправкой N 1 (1983), с 01.03.90

2.ССЫЛОЧНЫЕ НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ДОКУМЕНТЫ

Раздел, подраздел, пункт, в котором приведена ссылка	Обозначение соответствующего стандарта	Обозначение отечественного нормативно-технического документа, на который дана ссылка
1	СТ МЭК 68-2-34-73	ГОСТ 28220-89
1	СТ МЭК 68-2-35-73	ГОСТ 28221-89
1	СТ МЭК 68-2-36-73	ГОСТ 28222-89
1	СТ МЭК 68-2-37-73	ГОСТ 28223-89
3	СТ МЭК 68-2-47-82	ГОСТ 28231-89
4	СТ МЭК 68-2-6-82	ГОСТ 28203-89

3.Замечания к внедрению ГОСТ 28222-89

Техническое содержание стандарта МЭК 68-2-36-73 "Основные методы испытаний на воздействие внешних факторов. Часть 2. Испытания. Испытание Fdb: Широкополосная случайная вибрация. Средняя воспроизводимость" принимают для использования и распространяют на изделия электронной техники народнохозяйственного назначения.

ПРЕДИСЛОВИЕ

1.Официальные решения или соглашения МЭК по техническим вопросам, подготовленные техническими комитетами, в которых представлены все заинтересованные национальные комитеты, выражают с возможной точностью международную согласованную точку зрения по рассматриваемым вопросам.

2.Эти решения представляют собой рекомендации для международного пользования и в этом виде принимаются национальными комитетами.

3.В целях содействия международной унификации МЭК выражает пожелание, чтобы все национальные комитеты приняли настоящий стандарт МЭК в качестве своего национального стандарта, насколько это позволяют условия каждой страны. Любое расхождение с этим стандартом МЭК должно быть по возможности четко указано в соответствующих национальных стандартах.

ВВЕДЕНИЕ

Стандарт МЭК 68-2-36-73 подготовлен Подкомитетом 50А "Испытания на удар и вибрацию" Технического комитета 50 МЭК "Испытания на воздействие внешних факторов".

Первый проект обсуждался на совещании в Стокгольме в 1968 г.

Следующий проект испытания обсуждался на совещании в Тегеране в 1969 г. В результате решений последнего совещания в феврале 1971 г. национальным комитетам был разослан окончательный проект по Правилу шести месяцев - документ 50А (Центральное бюро) 133.

За издание стандарта голосовали следующие страны:

Австралия
Австрия
Бельгия
Венгрия
Дания
Израиль
Норвегия
Польша
Португалия
Соединенное Королевство*
_____ * Соединенное Королевство Великобритании и Северной Ирландии.

Соединенные Штаты Америки
Турция
Федеративная Республика Германии
Финляндия
Чехословакия
Швеция
Япония

1.ВВОДНАЯ ЧАСТЬ

Основные требования к испытанию на воздействие широкополосной случайной вибрации представлены в СТ МЭК 68-2-34 (ГОСТ 28220).

Кроме того, были установлены три возможные степени воспроизводимости: высокая, средняя и низкая, которые обозначаются соответственно как испытания Fda, Fdb и Fdc. Каждое из них представляет собой отдельный стандарт с рекомендуемым методом подтверждения. Все сведения, которые

требуются разработчику соответствующей нормативно-технической документации (далее НТД) изложены в СТ МЭК 68-2-34 (ГОСТ 28220). Сведения, необходимые инженеру-испытателю, изложены в СТ МЭК 68-2-35 (ГОСТ 28221), СТ МЭК 68-2-36 (ГОСТ 28222), СТ МЭК 68-2-37 (ГОСТ 28223) в зависимости от того, какое испытание требуется.

СТ МЭК 68-2-34 (ГОСТ 28220) следует использовать совместно с настоящим стандартом.

В настоящем стандарте часто упоминается два особо важных термина из области воздействия случайной вибрации.

Определение этих терминов приводится ниже.

Спектральная плотность ускорения (в дальнейшем СПУ) - спектральная плотность ускорения случайной вибрации, выраженная в единицах "ускорение в квадрате, деленное на частоту, g^2 /Гц".

Спектр СПУ определяет закон изменения СПУ в пределах частотного диапазона.

2.ЦЕЛЬ

Целью испытания является определение способности элементов и аппаратуры выдерживать воздействие случайной вибрации заданной степени жесткости.

Испытания на воздействие случайной вибрации применимы к элементам и аппаратуре, которые в условиях эксплуатации могут подвергаться воздействиям вибраций, имеющим случайный характер. Целью испытания является выявление возможных механических повреждений и (или) ухудшения заданных характеристик изделия и использование этих сведений наряду с требованиями соответствующей НТД для решения вопроса о пригодности образца.

Во время проведения испытания образец подвергают воздействию случайной вибрации с заданным уровнем в пределах широкой полосы частот. Вследствие сложной механической реакции образца и его крепления это испытание требует особой тщательности при его подготовке, проведении и установлении соответствия параметров образца заданным требованиям.

3.КРЕПЛЕНИЕ И КОНТРОЛЬ

3.1.Крепление

Образец крепят на испытательной установке в соответствии с требованиями СТ МЭК 68-2-47 (ГОСТ 28231).

3.2.Контрольные и измерительные точки

Требования к испытаниям обуславливаются измерениями в контрольной точке и, в некоторых случаях, в измерительных точках в зависимости от точек крепления образца. Измерения в измерительных точках необходимы только в том случае, когда используется воображаемая контрольная точка.

В случае большого количества малогабаритных образцов, установленных на одном крепежном приспособлении, и если самая низкая резонансная частота крепежного приспособления под нагрузкой выше верхнего предела частоты испытания f_2 , контрольные и (или) измерительные точки могут быть связаны с крепежным приспособлением, а не с образцом.

3.2.1.Точка крепления

Точкой крепления называется часть изделия, которая находится в контакте с крепежным приспособлением или вибрационным столом и является обычно местом крепления при эксплуатации. Если изделие крепится к вибрационному столу с помощью крепежного приспособления, то точками крепления изделия считают точки крепления приспособления, а не образца.

3.2.2.Измерительная точка

Измерительной точкой является обычно точка крепления. Она должна быть расположена как можно ближе к точке крепления изделия и в любом случае должна быть жестко связана с ней.

Если задана воображаемая контрольная точка и имеется четыре или менее точек крепления, то каждая точка крепления должна рассматриваться как измерительная. Если имеется более четырех точек крепления, то в соответствующей НТД следует указать четыре характерные точки, которые должны использоваться как измерительные.

Примечание. Для больших и (или) сложных образцов измерительные точки должны быть указаны в соответствующей НТД.

3.2.3.Контрольная точка

Контрольная точка является единственной точкой, из которой получают контрольный сигнал, соответствующий требованиям испытания, и которая используется для получения информации о движении образца. Такой точкой может быть измерительная или воображаемая точка, полученная при ручной или автоматической обработке сигналов из измерительных точек.

Если используется воображаемая точка, то спектр контрольного сигнала определяется как среднее арифметическое значение величин СПУ всех измерительных точек на каждой частоте. В этом случае кумулятивное (суммарное) среднее квадратическое значение контрольного сигнала эквивалентно среднему квадратическому значению всех средних квадратических величин сигналов, полученных в измерительных точках.

В соответствующей НТД следует указывать точку, которую следует использовать как контрольную, или способ, с помощью которого она может быть выбрана. Для больших и (или) сложных образцов рекомендуется использовать воображаемую контрольную точку.

4.СНЯТИЕ ЧАСТОТНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ОБНАРУЖЕНИЕ РЕЗОНАНСНЫХ ЧАСТОТ

Допуски, приведенные для испытания на синусоидальную вибрацию в СТ МЭК

68-2-6 (ГОСТ 28203) должны применяться на всех стадиях снятия частотной характеристики и обнаружения резонансных частот.

4.1.Амплитуда синусоидальной вибрации

Если в соответствующей НТД не оговорено особо, амплитуда синусоидальной вибрации, которая используется для обнаружения резонансных частот и снятия частотной характеристики, определяется заданным уровнем СПУ (см. табл.1). В данном случае в контрольной точке должно поддерживаться амплитудное значение ускорения.

Таблица 1

Заданный уровень		Амплитуда синусоидальной вибрации (пиковые значения)	
$(м·с^{-2})^2$ /Гц	(g^2 /Гц)	$м·с^{-2}$	(g)
	(	9,8	(1,0)
4,8-19,2	(0,05-0,2)	14,7	(1,5)
>19,2	(>0,2)	19,6	(2,0)

В том случае, когда в процессе выдержки на воздействие случайной вибрации используется воображаемая контрольная точка, синусоидальная вибрация должна быть приложена в измерительной точке.

4.2.Методика снятия частотной характеристики

Для методов подтверждения СПУ всегда требуется снятие частотной характеристики в основном направлении движения в контрольной точке, при этом образец должен быть закреплен на столе вибростенда.

Сигнал синусоидальной вибрации должен проходить частотный диапазон от f_1 до f_2 и обратно при скорости качания, не превышающей 1 октава/мин. Во время качания амплитуда синусоидальной вибрации в контрольной точке должна поддерживаться постоянной в соответствии с п.4.1, в течение времени, достаточного для измерения напряжения переменного тока, подаваемого на вход усилителя мощности.

Зависимость измеряемого напряжения от частоты есть в первом приближении величина, обратная частотной характеристике. Учитывая ограниченное смещение вибростенда, амплитуда ускорения синусоидальной вибрации может быть уменьшена на низкочастотном участке диапазона, что следует принимать во внимание при расчете частотной характеристики.

Ускорение следует измерять во всех измерительных точках. Измерения в поперечном направлении следует выполнять в соответствии с п.5.3. При снятии частотной характеристики допускается применение выравнивателей вибратора (устройств, применяемых для корректировки характеристики ненагруженного вибратора), фильтров нижних частот (срезают частоты выше f_2), фильтров верхних частот (срезают частоты ниже f_1) и других типов фильтров с широкой полосой пропускания. Узкополосные выравниватели,

такие как фильтры "пик-провал", не должны быть использованы во время этих измерений.

Отношение амплитуды пика к амплитуде провала A_p / A_n (рис.1) определяется как отношение максимальной и минимальной величин частотной характеристики. Эта величина отношения может быть измерена без использования точного измерителя частоты.

Определение отношения амплитуды "пика-провала" A_p / A_n

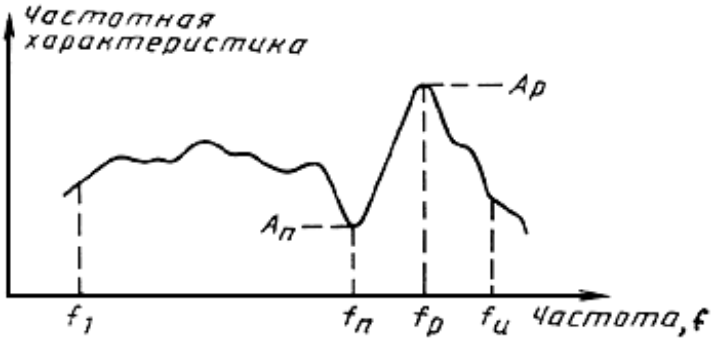


Рис.1

Отношение частоты пика-провала B_{pn} (рис.2) рассчитывают по формуле

$$B_{pn} = \frac{|f_p - f_n|}{\sqrt{f_p - f_n}},$$

где f_p - частота пика;

f_n - частота провала.

Пары "пик-провал"

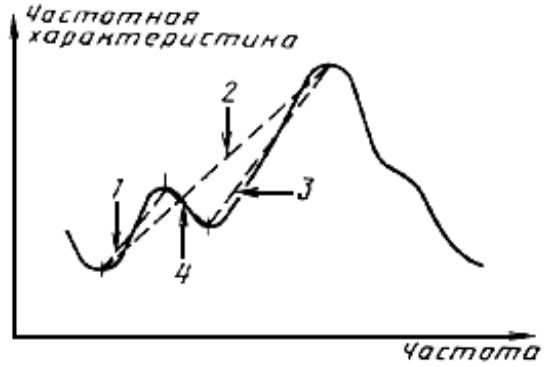


Рис.2

Эти измерения могут быть выполнены только с использованием точного измерителя частоты.

Методы подтверждения спектра СПУ, приведенные в приложениях А и В, основаны на отборе результатов испытания наиболее жестких пар "пик-провал". Если необходимо использовать отношение частоты пика-провала, то

величины A_p / A_n и B_{pn} должны быть измерены для нескольких пар (четыре пары на рис.2), а погрешность анализа и отстаточную пульсацию определяют для каждой пары для того, чтобы найти самую жесткую.

4.3.Метод обнаружения резонанса

Если в соответствующей НТД предусматривается обнаружение резонанса, то в некоторых случаях предварительное обнаружение резонанса может проводиться одновременно со снятием частотной характеристики. Полное синусоидальное качание должно быть проведено в обоих направлениях по всему диапазону частот.

Во время обнаружения резонансов образец следует проверить, чтобы определить частоты, на которых:

выявляют повреждения изделия и (или) ухудшение параметров, зависящих от вибрации;

возникают механические резонансы.

Качание может прерываться для более тщательного исследования резонанса и определения точного значения резонансной частоты.

Во время предварительного обнаружения резонанса все частоты и амплитуды, на которых эти явления возникают, должны регистрироваться для сравнения с амплитудами и частотами, выявленными при заключительном обнаружении резонанса. В соответствующей НТД должно быть указано, что следует предпринять, если возникнет какое-либо изменение резонансной частоты.

Во время обнаружения резонанса образец должен находиться в рабочем состоянии, если это возможно. В том случае, когда механические характеристики вибрации не могут быть оценены вследствие функционирования образца, следует провести дополнительное обнаружение резонанса при условии, что образец находится не в рабочем состоянии.

Любые устройства для определения степени воздействия вибрации на внутренние части (детали) образца не должны значительно влиять на динамические характеристики образца в целом.

Может оказаться необходимым предусмотреть период времени в конце выдержки, во время которого образец достигнет того же состояния, что и в исходный момент предварительного обнаружения резонанса, например, в отношении температуры.

5.ТРЕБОВАНИЯ К ПАРАМЕТРАМ ВИБРАЦИИ

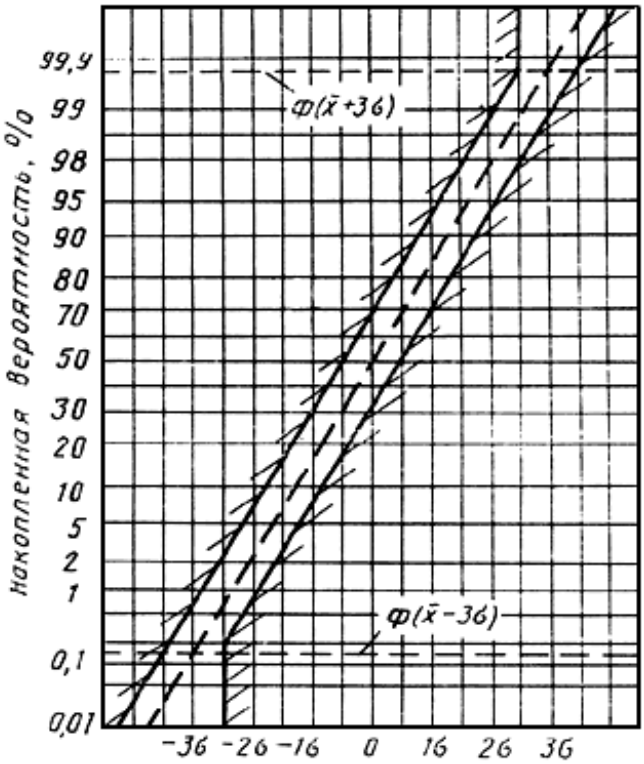
5.1.Основное движение

Основное движение точек крепления образца должно быть прямолинейным и стохастическим с нормальным (гауссовым) распределением мгновенных значений ускорения. Измерительные и контрольные точки должны иметь идентичное движение.

5.2.Распределение

Распределение мгновенных величин ускорения в контрольной точке должно быть нормальным в пределах диапазона допусков, показанных на рис.3. Если используется воображаемая точка, то указанное распределение относится к измерительной точке.

Зона допусков для распределения мгновенных значений ускорения



σ - кумулятивное среднее квадратическое значение ускорения

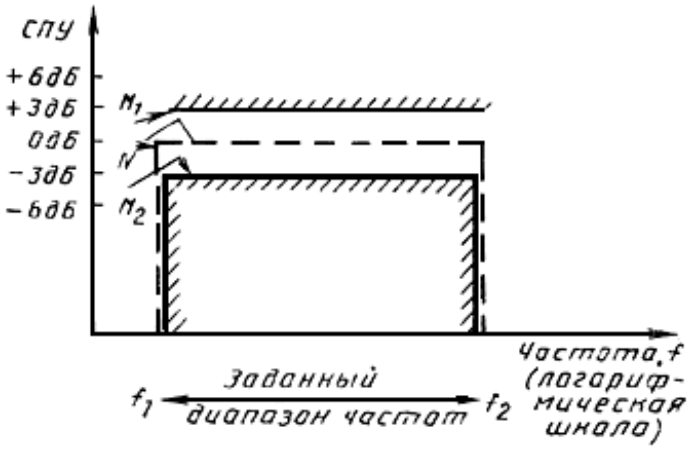
Рис.3

Примечание. Для большинства испытаний на воздействие случайной вибрации распределение попадает в диапазон допусков, поэтому подтверждение необходимо только в исключительных случаях. Тем не менее рекомендуется визуально наблюдать форму волны ускорения там, где это возможно, для того, чтобы быть уверенным, что пики, по крайней мере, в 2,5 раза превышают средние квадратические значения сигнала случайной вибрации.

5.3.Требования к спектру СПУ и кумулятивному среднему квадратическому значению ускорения

Уровень СПУ и частотный диапазон устанавливают в соответствующей НТД. Спектр СПУ должен быть таким, как показано на рис.4. Все эти значения в совокупности и определяют номинальное кумулятивное среднее квадратическое значение ускорения, указанное в табл.3а и 3б.

Спектр СПУ и диапазон допусков



M_1 - верхняя граница диапазона допусков, средняя воспроизводимость;

M_2 - нижняя граница диапазона допусков, средняя воспроизводимость:

N - заданная СПУ (номинальный спектр)

Рис.4

Допуски на истинное значение спектра СПУ и кумулятивное среднее квадратическое значение ускорения указаны в табл.2. Как видно из табл.2, допуски на кумулятивное среднее квадратическое значение ускорения более жесткие, чем допуски на СПУ.

Таблица 2

Диапазон допусков, дБ	
Истинное значение СПУ	Истинное кумулятивное среднее квадратическое значение (от f_1 до f_2)
±6	±1,5

Измерения ускорения для подтверждения требований к вибрационному движению необходимо проводить только в основном направлении в контрольной точке (см. п.3.4.3).

Среднее квадратическое значение ускорения в полосе частот от f_2 до $10f_2$ или 10 кГц (берут меньшее значение) не должно превышать 70% (-3 дБ) от кумулятивного среднего квадратического значения ускорения, необходимого в заданном диапазоне частот.

Подтверждение допусков спектра СПУ может проводиться любым методом, соответствующим данным допускам. Поскольку подтверждение допусков СПУ вызывает значительные технические трудности, настоятельно рекомендуется, чтобы выбор метода подтверждения осуществлялся в соответствии с методами, представленными в приложениях А-С. Руководство по выбору метода подтверждения излагается в разд.6.

Примечание. В особых случаях, когда задан спектр определенной формы, также могут быть использованы методы подтверждения, приведенные в приложениях А-С.

Следует иметь в виду, что для подтверждения уровня СПУ в воображаемой контрольной точке не допускается автоматическая обработка сигналов измерительных точек с помощью анализатора без коррекции таких источников погрешностей, как ширина полосы частот анализатора, время выборки и т.д.

5.4. Кумулятивные средние квадратические значения ускорения в пределах заданного диапазона частот

Требуемые значения кумулятивного среднего квадратического значения ускорения приведены в табл.3а и 3б. Для их подтверждения следует применять фильтр нижних частот. Этот фильтр имеет частоту среза (точка 3 дБ) на частоте f_2 . Если ширина полосы частот на уровне 3 дБ отличается более чем на 2% от эквивалентной ширины полосы частот шума, получаемой при измерении мощности на выходе фильтра, на вход которого подается сигнал белого шума, то это обстоятельство следует учитывать при использовании вычисленных средних квадратических значений, приведенных в табл.3а и 3б.

Примечание. Для подтверждения кумулятивного среднего квадратического значения ускорения сигнала воображаемой контрольной точки допускается автоматическая обработка сигналов измерительных точек с помощью анализатора.

Таблица 3а. Кумулятивные средние квадратические значения ускорения

Заданная СПУ, g^2 /Гц	Заданный диапазон частот от f_1 до f_2 , Гц											
	5-150	5-200	10-150	10-200	20-150	20-200	20-500	20-2000	20-5000	50-500	50-2000	50-5000
	Кумулятивное среднее квадратическое значение ускорения, g											
0,0005	0,27	0,31	0,26	0,31	0,26	0,30	0,49	1,0	1,6	0,47	1,0	1,6
0,001	0,38	0,44	0,37	0,44	0,36	0,43	0,69	1,4	2,2	0,67	1,4	2,2
0,002	0,54	0,63	0,53	0,62	0,51	0,60	0,98	2,0	3,2	0,95	2,0	3,2
0,005	0,85	0,99	0,84	0,98	0,81	0,95	1,6	3,2	5,0	1,5	3,1	5,0
0,01	1,2	1,4	1,2	1,4	1,1	1,3	2,2	4,5	7,1	2,1	4,4	7,0
0,02	1,7	2,0	1,7	1,9	1,6	1,9	3,1	6,3	10	3,0	6,3	10
0,05	2,7	3,1	2,6	3,1	2,6	3,0	4,9	10	16	4,7	10	16
0,1	3,8	4,4	3,7	4,4	3,6	4,3	6,9	14	22	6,7	14	22
0,2	5,4	6,3	5,3	6,2	5,1	6,0	9,8	20	32	9,5	20	32
0,5	8,5	9,9	8,4	9,8	8,1	9,5	16	32	50	15	31	50
1,0	12	14	12	14	11	13	22	45	71	21	44	70
2,0	17	20	17	19	16	19	31	63	100	30	63	100
5,0	27	31	26	31	26	30	49	100	158	47	100	157
10,0	38	44	37	44	36	43	69	141	223	67	140	222
Примечание. В таблице приведены кумулятивные средние квадратические значения ускорения в единицах g для спектра прямоугольной формы для каждого частотного диапазона и каждой СПУ.												

Таблица 3б. Кумулятивные средние квадратические значения ускорения

Заданная СПУ, $(м·с^{-2})^2$ /Гц	Заданный диапазон частот от f_1 до f_2, Гц											
	5-150	5-200	10-150	10-200	20-150	20-200	20-500	20-2000	20-50000	50-500	50-2000	50-5000
	Кумулятивное среднее квадратическое значение ускорения, $м·с^{-2}$											
0,048	2,65	3,04	2,55	3,04	2,55	2,94	4,81	9,81	15,7	0,46	9,81	15,7
0,096	3,73	4,32	3,62	4,31	3,53	4,22	6,77	13,7	21,6	0,66	13,7	21,6
0,192	5,30	6,20	5,20	6,08	5,00	5,89	9,61	19,6	31,4	0,93	19,6	31,4
0,48	8,33	9,71	8,24	9,61	7,95	9,32	15,7	31,4	49,1	1,47	30,4	49,1
0,96	11,8	13,7	11,8	13,7	10,8	12,8	21,6	44,1	69,7	2,06	43,2	68,7
1,92	16,7	19,6	16,7	18,6	15,7	18,6	30,4	61,8	98,1	2,94	61,8	98,1
4,8	26,5	30,4	25,5	30,4	25,5	29,4	48,1	98,1	157	4,61	98,1	157
9,6	37,3	43,2	36,2	43,1	35,3	42,2	67,7	137	216	6,60	137	216
19,2	53,0	62,0	52,0	60,8	50,0	58,9	96,1	196	314	9,32	196	314
48	83,3	97,1	82,4	96,1	79,5	93,2	157	314	491	14,7	304	491
96	118	137	118	137	108	128	216	441	697	20,6	432	687
192	167	196	167	186	157	186	304	618	981	29,4	618	981
480	265	304	255	304	255	294	481	981	1570	46,1	981	1570
960	373	432	362	431	353	422	677	1370	2160	66,0	1370	2160
Примечание. В таблице приведены общие средние квадратические значения ускорения в единицах $м·с^{-2}$ для спектра прямоугольной формы для каждого частотного диапазона и каждой СПУ.												

5.5.Ограничение смещений

Все вибраторы имеют ограничения смещений. Может оказаться необходимым подключение фильтра верхних частот на вход усилителя мощности с целью снижения максимальных смещений.

Примечание. Если СПУ должна быть уменьшена в области низких частот с целью ограничения смещений вибратора, то значение уменьшения должно быть зарегистрировано и согласовано между изготовителем и заказчиком.

6.ВЫБОР МЕТОДА ПОДТВЕРЖДЕНИЯ

В качестве рекомендуемых предлагаются три метода подтверждения спектра СПУ, изложенные в приложениях А-С.

6.1.Критерии для выбора

При выборе метода подтверждения необходимо учитывать следующие факторы:

заданный диапазон частот;

специальные требования, указанные в соответствующей НТД;

механические характеристики испытуемого образца;

выталкивающую силу вибратора;

размер, жесткость и массу подвижной системы вибратора;

жесткость и массу крепежного приспособления;

тип применяемого оборудования;

характеристику применяемого оборудования (например, ширину полосы частот фильтра, динамический диапазон, диапазон частот, скорость качания, фон, шум).

6.2.Применимость рекомендуемых методов подтверждения

Рекомендуемые методы подтверждения, указанные в приложениях А-С, применимы при условии, что основные погрешности, возникающие при использовании этих методов, позволяют проводить испытание.

Обычно используют метод подтверждения с помощью перестраиваемого фильтра, который описан в приложении А. Применение этого метода требует много времени по сравнению с другими методами подтверждения. Если диапазон частот большой, а длительность выдержки мала, то для подтверждения спектра СПУ этим методом может потребоваться использование магнитной записи временной функции ускорения во время выдержки и последующий ее анализ.

Метод подтверждения, основанный на применении аппаратуры с фиксированными фильтрами и представленный в приложении В, может быть использован, если ширина полосы частот фильтра мала и в моменты резонанса реакция образца на всю систему незначительна. Для некоторых образцов при отдельных значениях ширины полосы пропускания фильтров этот метод подтверждения оказывается неприемлемым на низких частотах. При этом методе подтверждения может быть также необходимой магнитная запись.

Метод подтверждения, основанный на качании частоты синусоидального сигнала и представленный в приложении С, может иметь преимущество в тех случаях, когда имеется несложное оборудование, а образец очень жесткий или мал по сравнению со всей массой подвижной системы, например, малогабаритные электронные элементы, закрепленные на жестком крепежном приспособлении. Узкополосные выравниватели при этом методе не используются. Методика подтверждения не требует сложной аппаратуры, необходимой для анализа при каждом эксперименте.

6.3.Смешанные методы подтверждения

Рекомендуемые методы подтверждения предназначены для обеспечения одной и той же воспроизводимости. В одних случаях погрешности анализа или остаточная пульсация (см. приложения А и В) могут быть слишком большими на некоторых участках диапазона частот. В других случаях время анализа может оказаться слишком длительным. Это вызывает необходимость применения различных методов подтверждения для разных участков диапазона частот.

Следует обратить внимание на то, что при применении смешанных методов

подтверждения испытание следует проводить одновременно по всему диапазону частот. Испытание не должно разделяться даже для спектров с несколькими заданными уровнями СПУ.

7.ПЕРВОНАЧАЛЬНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Измеряют электрические параметры образца и проверяют его механические характеристики в соответствии с требованиями соответствующей НТД.

Если в соответствующей НТД предусматривается испытание на обнаружение резонанса до и после выдержки, испытание в полной последовательности, включая обнаружение резонансов, следует провести для одного направления и повторить для других. Методика определения резонансных частот приведена в п.4.3.

8.ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЕ ИСПЫТАНИЕ ПЕРЕД ВЫДЕРЖКОЙ

При применении синусоидальной вибрации для снятия частотной характеристики или обнаружения резонанса время, в течение которого образец подвергается воздействию синусоидальной вибрации, должно быть сведено к минимуму. Амплитуда синусоидального возбуждения указана в п.4.1.

Полный цикл испытания, включая снятие частотной характеристики, любое обнаружение резонанса и выдержку следует проводить, не снимая образец с вибратора. Затем полный цикл испытания повторяют для других направлений.

Перед тем как подвергнуть образец испытанию на воздействие случайной вибрации на заданном уровне, может оказаться необходимым предварительное возбуждение образца сигналом случайной вибрации на более низком уровне для выравнивания частотной характеристики и предварительного анализа, при этом уровень воздействия случайной вибрации и время, в течение которого она приложена, должны быть сведены к минимуму.

При предварительном возбуждении образца сигналом случайной вибрации допускаемое время установки режима регламентируется следующим образом:

при уровне менее 25% заданного - время не ограничивается;

при уровне от 25 до 50% заданного - составляет 1,5 заданного времени испытания;

при уровне от 50 до 100% заданного - составляет 10% заданного времени испытания.

При этом указанные значения времени установки режима не следует вычитать из заданной длительной выдержки.

9.ВЫДЕРЖКА

Если в соответствующей НТД не указано особо, образец подвергают воздействию случайной вибрации поочередно в трех взаимно перпендикулярных направлениях, которые должны быть выбраны таким образом, чтобы дефекты образца можно было легко выявить. Степени жесткости следует указывать в соответствующей НТД. Для того чтобы выявить механические повреждения и ухудшение рабочих характеристик во время выдержки, оборудование должно находиться в рабочем состоянии, когда это возможно, если иное не указано в соответствующей НТД.

Для элементов в соответствующей НТД следует указывать необходимость проведения электрических измерений во время выдержки и на какой стадии выдержки они должны быть проведены.

Во время выдержки следует измерять и контролировать кумулятивное среднее квадратическое значение ускорения в пределах заданного диапазона частот. Соответствующие значения приведены в табл.3а и 3б, допуски указаны в п.5.3.

В начале и в конце выдержки необходимо измерить среднее квадратическое значение ускорения выше f_2 .

Среднее квадратическое значение ускорения в полосе частот от f_2 до $10f_2$ или 10 кГц (берут меньшее значение) не должно превышать 70% (-3 дБ) от общего среднего квадратического значения ускорения, требуемого в пределах заданного диапазона частот.

При применении методов подтверждения, указанных в приложениях А и В, с целью подтверждения спектра СПУ во время выдержки должны быть измерены и зарегистрированы мгновенные значения ускорения в заданные моменты времени. Длительность измерения ускорения должна быть минимальной и равной удвоенному максимальному времени усреднения аппаратуры, применяемой для анализа. Для выдержек продолжительностью до 10 мин достаточно одного значения. Для более длительных выдержек мгновенные значения следует брать в начале и в конце выдержки. Если во время испытания происходят изменения в настройке вибрационной системы, то в этом случае, а также для больших длительностей выдержки рекомендуется регистрировать дополнительные мгновенные значения ускорения.

Подтверждение спектра СПУ допускается проводить либо во время, либо после выдержки в соответствии с применяемым методом подтверждения.

10.ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ

У образца должны быть измерены электрические параметры и проверены механические характеристики в соответствии с требованиями соответствующей НТД.

Если обнаружение резонанса необходимо, то заключительное испытание на обнаружение резонанса должно быть проведено в соответствии с п.4.3.

ПРИЛОЖЕНИЕ А Рекомендуемое.МЕТОД ПОДТВЕРЖДЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЕРЕСТРАИВАЕМЫХ ФИЛЬТРОВ

А1. Описание

При этом методе требуется применение анализатора с качанием частоты для подтверждения того, что испытание на воздействие случайной вибрации соответствует заданным требованиям.

Так как точность результатов анализа спектра зависит от характеристик анализатора и анализируемого спектра, то приводятся кривые, иллюстрирующие полученные в результате анализа ошибки (далее по тексту - ошибки анализа). Расчет кривых ошибок анализа основывается на обычном воздействии образца и крепления на вибрационную систему генератора.

Если время анализа длительное, а время выдержки мало, может оказаться необходимым подтверждение спектра СПУ после выдержки.

А2. Измерение характеристик анализатора с качанием частоты

Необходимо измерить ширину полосы частот на уровнях 3, 12, 30 и 50 дБ (B_3, B_{12}, B_{30} и B_{50} соответственно).

Предполагается, что форма частотной характеристики фильтра не зависит от средней частоты.

Коэффициент ширины полосы частот C_B рассчитывают как функцию коэффициента формы частотной характеристики фильтра B_{12}/B_3 по формуле

$$C_B = 0{,}1 + \frac{1}{2{,}4} \cdot \frac{B_{12}}{B_3}$$

при следующих условиях:

1,2 3,8; $B_{50}/B_3 \leq$ 6.

Если эти условия не соблюдаются, кривые ошибок, указанные в настоящем приложении, оказываются непригодными. В этом случае анализатор с качанием частоты может оказаться несоответствующим требованиям данного метода.

Относительную ширину полосы частот фильтра B_r определяют как отношение ширины полосы частот на уровне 3 дБ к средней частоте, на которую в данный момент настроен анализатор в процессе анализа.

Примечание. Указанное измерение проводят выборочно.

А3. Оценка погрешностей анализа

Снятие частотной характеристики проводят в соответствии с п.4.2.

Погрешность анализа зависит от эквивалентной относительной ширины полосы частот B_e , рассчитываемой по формуле

$$B_e = C_f \cdot C_B \cdot B_r ,$$

где $C_f = B^*_{pn} / B_{pn}$; B^*_{pn} - отношение частот, указанное на рис.А1 и А2 для соответствующего отношения амплитуд. C_f =1, если частотная характеристика не снимается с достаточной точностью по частоте для определения B_{pn} .

Рис.А1

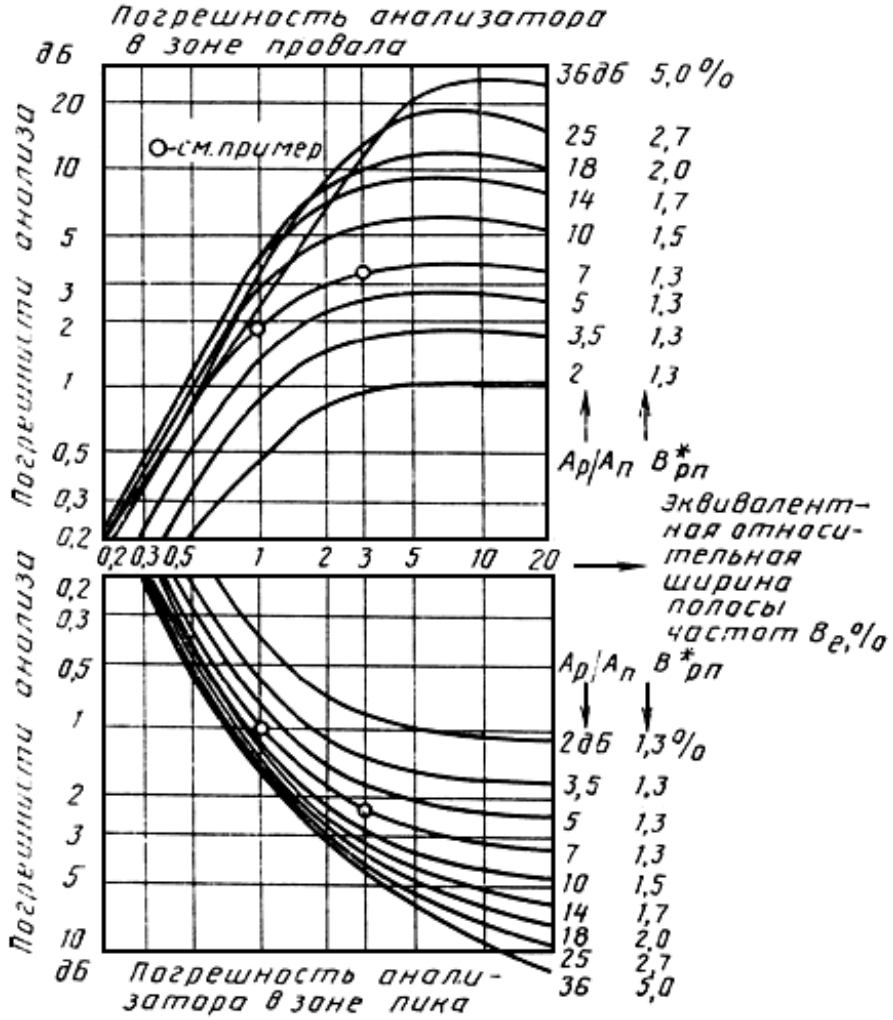


Рис.А2

Получив значение A_p / A_n , на рис.А1 и А2 выбирают соответствующие кривые. Погрешность анализа отсчитывают при значении B_e , рассчитанном как указано выше. Между кривыми допускается линейная интерполяция. Обычно исследуют несколько пар "пик-провал" для обнаружения пары, дающей наибольшую погрешность.

Примечание. Когда этот метод подтверждения комбинируется с методом, указанным в приложении В, и подсчитанная остаточная пульсация меньше, чем отношение A_p / A_n , полученное при снятии частотной характеристики, то

меньшее значение можно использовать как отношение A_p / A_n на рис.А1 и А2 для соответствующей части частотного диапазона при том же значении C_f, определенном согласно методу, приведенному в приложении В.

Пример. Применяют анализатор, у которого ширина полосы качания составляет 4% ширины рабочего диапазона частот.

Проводят измерения формы спектра фильтра анализатора.

При этом коэффициенты формы спектра следующие:

B_{12} / B_3 =1,55; B_{30} / B_3 =2,4; B_{50} / B_3 =4,0;

$C_B = 0{,}1 + 1{,}55 / 2{,}4 = 0{,}75$; $B_r = 4\%$.

При снятии частотной характеристики отношение амплитуд пик-провал A_p / A_n =7 дБ и соответствующее отношение частоты пик-провал B_{pn} =3,9%.

При B_{pn} =3,9%

$$C_f = \frac{B^*_{pn} \cdot 1{,}3}{B_{pn} \cdot 3{,}9} = \frac{1}{3}.$$

Таким образом,

$$B_e = 1/3 \cdot 0{,}75 \cdot 4 = 1\%.$$

Это позволяет определить погрешность анализа 1,9 дБ в области провала и 0,95 дБ в области пика.

Если снятие частотной характеристики не проводят с достаточной точностью по частоте для определения B_{pn} , то C_f =1 и B_e =1·0,75·4=3%.

Погрешность анализа может оказаться большей, т.е. в области провала 3,6 дБ и в области пика 2,3 дБ.

Другие пары "пик-провал" также исследовались, но значения погрешностей, указанных выше, оказались наибольшими.

А4. Подтверждение спектра СПУ

Если позволяет длительность выдержки, рекомендуется одновременное подтверждение спектра СПУ. Если это невозможно, подтверждение проводят после выдержки. В этом случае предварительное подтверждение должно быть проведено в течение времени установки режима.

Анализатор должен исследовать диапазон частот от f_1 до f_2 . Погрешности, вызванные скоростью качания, могут быть уменьшены до допустимых пределов применением низкой скорости качания. В любом случае погрешности малы, если

$s \le k \frac{B}{t}$,

где s - скорость качания, Гц/с;

B - ширина полосы частот анализатора, Гц;

t - время усреднения, с;

k =0,4, если применяется истинное усреднение.

Если для усреднения применяется колебательный контур (цепь RC), то $t = 2RC$ и k =0,2. Во время анализа могут быть использованы различные полосы частот и время усреднения.

Кроме отклонений от истинной величины, вызванных самим методом анализа и приборами, показания, полученные на каждой частоте, подвергаются изменениям во времени вследствие стохастического характера случайной вибрации.

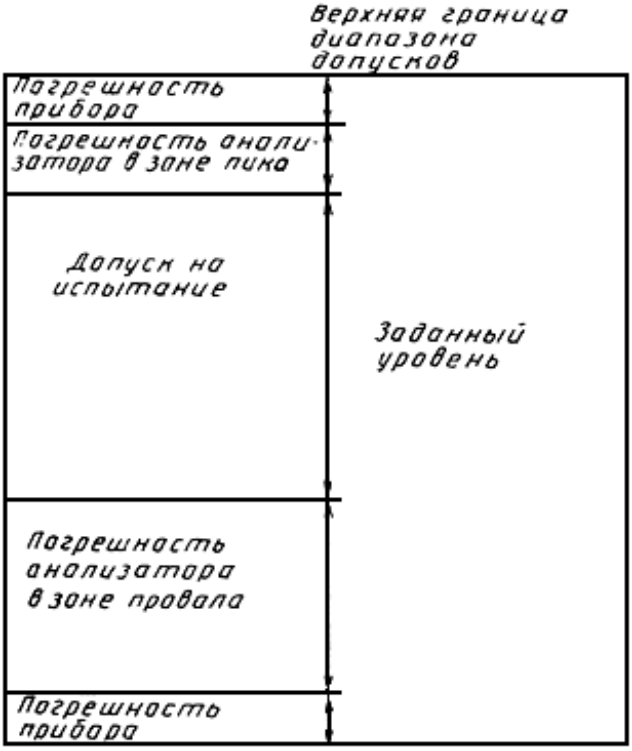
Эти изменения уменьшаются с увеличением времени усреднения. Может оказаться затруднительным выдержать границы допусков СПУ на определенных участках диапазона частот, если не поддерживать время усреднения $t > 30/B$. На других участках диапазона частот время усреднения может быть уменьшено для получения более высоких скоростей качания.

Примечание. Если подтверждение проводят после выдержки, время анализа и его погрешности можно значительно снизить, применяя магнитную запись, которая дает возможность переноса частоты в область более высоких значений.

Сумма полученной неравномерности СПУ, вычисленных погрешностей анализа, приведенных в разд.А3, и погрешностей приборов должна находиться в пределах ±6 дБ в основном направлении движения в контрольной точке.

Поскольку эта суммарная величина зависит от частоты, то любая критическая часть диапазона частот должна быть изучена отдельно, чтобы получить истинные суммарные погрешности для этих участков диапазона (см. рис.А3 как иллюстрацию полученной суммарной погрешности анализатора).

Построение суммарной погрешности анализатора



Нижняя граница диапазона допусков

Рис.А.3

А5. Подтверждение кумулятивного среднего квадратического значения ускорения

Во время всего испытания на воздействие случайной вибрации необходимо измерять и контролировать кумулятивное среднее квадратическое значение ускорения по всему диапазону частот в соответствии с пп.5.3 и 5.4. Это значение должно находиться в пределах ±1,5 дБ после коррекции погрешностей приборов.

Среднее квадратическое значение ускорения выше f_2 должно измеряться в соответствии с п.5.3.

ПРИЛОЖЕНИЕ В Рекомендуемое. МЕТОД ПОДТВЕРЖДЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФИКСИРОВАННЫХ ФИЛЬТРОВ

В1. Описание

Метод подтверждения с использованием фиксированных фильтров основан на использовании испытательной аппаратуры, состоящей из выравнивателя-анализатора и параллельных фиксированных фильтров, причем фильтры выравнивателя и анализатора в основном идентичны по средней частоте и ширине полосы пропускания частот. Установка может регулироваться вручную или автоматически. Устройство, куда входит анализатор, применяют для подтверждения того, что требования к испытаниям на воздействие случайной вибрации удовлетворены.

Поскольку точность результатов анализа спектра зависит от характеристик

фильтров и формы анализируемого спектра, то приводят кривые, показывающие пульсацию, которая остается после выравнивания и не будет обнаружена анализатором (она называется остаточной пульсацией). Расчеты остаточной пульсации основаны на обычном воздействии образца и его крепления на вибрационную систему генератора.

Применение этого метода подтверждения может оказаться затруднительным для участка диапазона промежуточных и низких частот.

В2. Измерение суммарной неравномерности выравнивателя

Измерения проводят, когда все фильтры выравнивателя настроены на одинаковый уровень.

Передаточная функция выравнивателя от входа к выходу определяется качанием синусоидального сигнала от f_1 до f_2 при скорости качания, не превышающей 1 октавы/мин. Изменение уровня выходного сигнала в децибелах в диапазоне от f_1 до f_2 является суммарной неравномерностью.

Примечание. Измерение суммарной неравномерности следует проводить достаточно часто для обеспечения нормальной работы комплекта фильтров при каждом испытании.

В3. Оценка остаточной пульсации

Остаточная пульсация зависит от эквивалентной относительной ширины полосы частот B_e каждого фильтра, рассчитываемой по формуле

$B_e = C_f \cdot B_r$,

где $C_f = B^*_{pn} / B_{pn}$, B^*_{pn} - отношение частот, указанное на рис.В1 и В2, для соответствующего отношения амплитуд A_p / A_n , полученного при снятии частотной характеристики в соответствии с п.4.2;

B_r - относительная ширина полосы частот фильтра, определяемая как отношение ширины полосы частот на уровне 3 дБ и средней частоты;

C_f =1, если не проводится снятие частотной характеристики с достаточной точностью по частоте для определения B_{pn} .

Остаточная пульсация после выравнивания

(все фильтры анализатора показывают 0 дБ)

Рис.В1

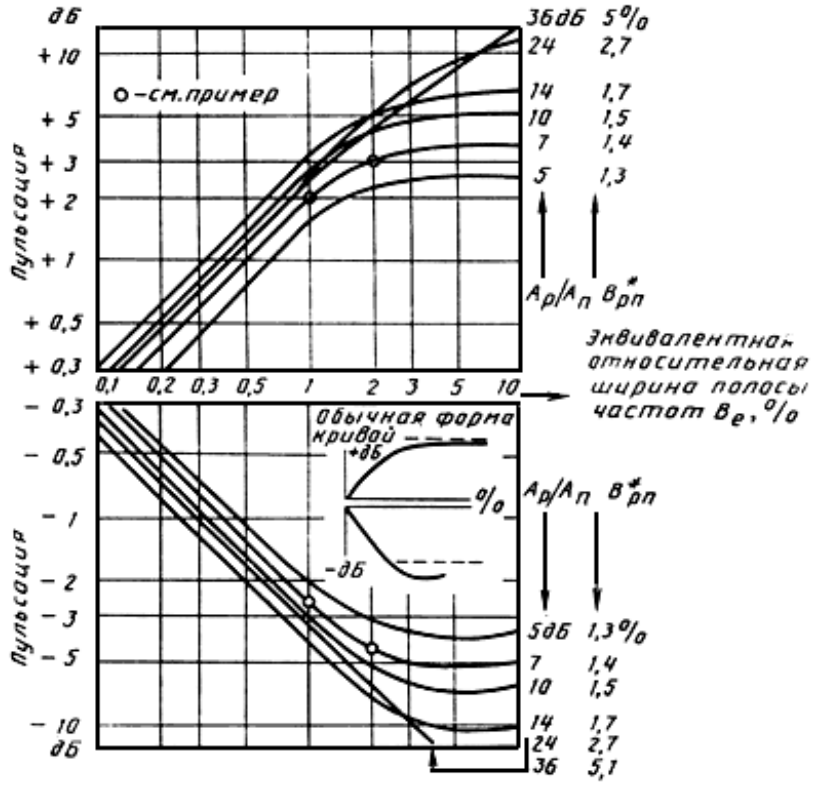


Рис.В2

Получив значение отношения A_p / A_n , выбирают соответствующие кривые на рис.В1 и В2. Остаточную пульсацию затем отсчитывают при значении B_e , вычисленной выше. Между кривыми допускается линейная интерполяция. Обычно исследуют несколько пар "пик-провал" для обнаружения той пары, которая дает наибольшую погрешность.

Пример. Применяют комплект фильтров с постоянной шириной полосы пропускания 25 Гц. Суммарная неравномерность оказалась равной 4,4 дБ, следовательно, используется ±2,2 дБ.

При снятии частотной характеристики выяснилось, что наиболее важен диапазон частот 1,25-1,30 кГц (что соответствует относительной ширине полосы частот фильтра B_r =25·100/1250=2%), где отношение амплитуды пик-провал A_p / A_n =7 дБ и соответствующее отношение частот пик-провал B_{pn} =2,8%.

При B_{pn} =2,8%

$$C_f = \frac{B^*_{pn}}{B_{pn}} = \frac{1,4}{2,8} = 0,5$$

,

тогда

$$B_e = 0,5 \cdot 2 = 1\%.$$

Это дает возможность определить остаточную пульсацию после выравнивания в пределах от плюс 2,0 дБ до минус 2,5 дБ.

Так как суммарная неравномерность составляет ±2,2 дБ, остаточную пульсацию определяют в пределах от плюс 2,2 дБ до минус 2,5 дБ (см. разд.В4, второй абзац).

Если для определения B_{pn} частотная характеристика не снимается с достаточной точностью по частоте, то C_f =1 и B_e =B_r ·1=2%. Подсчитанная остаточная пульсация может оказаться больше, т.е. в пределах от плюс 3,0 до минус 4,1 дБ.

В этом примере предполагалось, что на частоте около 1,25 кГц может оказаться наибольшая остаточная пульсация. Тем не менее необходимо исследовать другие пары "пик-провал" на других участках диапазона частот.

В4. Выравнивание и подтверждение спектра СПУ

Если позволяет длительность выдержки, рекомендуется одновременное подтверждение спектра СПУ. Если это невозможно, подтверждение проводят после выдержки. В этом случае предварительное подтверждение должно быть проведено в течение времени установки режима на более низком уровне.

Сумма остаточной пульсации, рассчитанной как указано в разд.В3, отклонения в показаниях измерителя СПУ от заданного уровня и погрешности приборов должны быть в пределах ±6 дБ в основном направлении движения в контрольной точке. Если суммарная неравномерность, полученная согласно разд.В2, больше, чем остаточная пульсация, то эта неравномерность должна использоваться вместо пульсации.

В5. Подтверждение кумулятивного среднего квадратического значения ускорения

Во время всего испытания на воздействие случайной вибрации необходимо измерять и контролировать кумулятивное среднее квадратическое значение ускорения в соответствии с пп.5.3 и 5.4. Значение ускорения должно находиться в пределах ±1,5 дБ после коррекции погрешностей приборов.

Среднее квадратическое значение ускорения выше f_2 должно измеряться в соответствии с п.5.3.

ПРИЛОЖЕНИЕ С Рекомендуемое. МЕТОД ПОДТВЕРЖДЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АППАРАТУРЫ ДЛЯ СИНУСОИДАЛЬНОГО ВОЗБУЖДЕНИЯ

С1. Описание

Метод подтверждения с использованием аппаратуры для синусоидального возбуждения основан на снятии частотной характеристики (см. п.4.2), которая позволяет определить, что динамические характеристики образца, крепления и системы выравнивания, если они имеются, находятся в пределах заданных допусков. Это косвенный метод подтверждения (см. разд.С3). При применении этого метода подтверждения испытание на воздействие случайной вибрации осуществляют без какого-либо прямого анализа СПУ и может контролироваться простым измерением кумулятивного среднего

квадратического значения ускорения.

Существует два способа применения указанного метода подтверждения в зависимости от того, применяется выравниватель или нет. Выравниватель должен иметь ширину полосы частот, равную или больше 1/3 октавы. Следует особо отметить, что если применяют выравниватель, то уровень выравнивания должен оставаться постоянным во время всего процесса подтверждения (неавтоматическая система).

Метод подтверждения применяют в тех случаях, когда образцы малы по сравнению с подвижной массой вибратора и когда образцы и крепление жестко связаны, т.е. во всем диапазоне частот отсутствуют ярко выраженные резонансы.

С2. Измерение спектра СПУ генератора шума

Спектр СПУ сигнала шума как функция частоты должен контролироваться в диапазоне от 5 Гц до 10 кГц. Во время измерения генератор шума должен быть нагружен как и во время выдержки, с фильтрами, которые обеспечивают требуемую форму спектра.

Ширина полосы частот анализатора B должна быть $\leq$ 5 Гц или $\leq$ 5% средней частоты (берут большее значение).

Скорость качания не должна превышать 0,2B/t , где t - эффективное время усреднения. Если используют усредняющую цепь RC , то $t = 2RC$. Рекомендуется, чтобы значение $B \cdot t$ было больше 60.

Примечание. Указанное измерение следует делать выборочно.

С3. Косвенное подтверждение спектра СПУ

Снятие частотной характеристики должно быть проведено в указанном диапазоне частот в соответствии с п.4.2. Измерение следует проводить в контрольных точках в основном направлении движения.

Изменения спектра сигнала генератора шума и частотного отклика на каждой частоте, выраженные в децибелах, представляют собой ожидаемые изменения спектра СПУ в процессе выдержки. Эти изменения от максимума до минимума в диапазоне частот от f_1 до f_2 плюс погрешность приборов не должны превышать в контрольной точке значений, приведенных в табл.С1.

Таблица С1

Без выравнивателя	С выравнивателем
12 дБ	8 дБ

Выравниватель, на который дана ссылка в табл.С1, должен иметь ширину полосы частот, равную или больше 1/3 октавы. Устройство, применяемое для коррекции частотной характеристики ненагруженного вибратора (иногда называемого выравниватель вибратора), не рассматривается как выравниватель в настоящем приложении.

С4. Подтверждение кумулятивного среднего квадратического значения ускорения

Во время всего испытания на воздействие случайной вибрации необходимо измерять и контролировать кумулятивное среднее квадратическое значение ускорения по всему диапазону частот в соответствии с пп.5.3 и 5.4. Эта величина должна быть в пределах ±1,5 дБ после коррекции погрешностей приборов.

Среднее квадратическое значение ускорения выше f_2 должно измеряться в соответствии с п.5.3.