ГОСТ 28221—89
(МЭК 68-2-35—73)

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ НА ВОЗДЕЙСТВИЕ ВНЕШНИХ ФАКТОРОВ

Часть 2

ИСПЫТАНИЯ

ИСПЫТАНИЕ FDA: ШИРОКОПОЛОСНАЯ СЛУЧАЙНАЯ ВИБРАЦИЯ ВЫСОКАЯ ВОСПРОИЗВОДИМОСТЬ

Издание официальное

БЗ 12—2004

Москва
Стандартинформ
2006

gost.e-ecolog.ru

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 68-2-35—73 подготовлен Подкомитетом 50А «Испытания на удар и вибрацию» Технического комитета МЭК 50 «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 на утверждение 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*
Соединенные Штаты Америки
Турция
Федеративная Республика Германия
Финляндия
Чехословакия
Швеция
Япония

* Соединенное Королевство Великобритании и Северной Ирландии.

УДК 621.38:620.193:006.354 Группа Э29

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

Основные методы испытаний на воздействие внешних факторов

Часть 2

ИСПЫТАНИЯ

Испытание Fda: Широкополосная случайная вибрация
Высокая воспроизводимость

Basic environmental testing procedures.
Part 2. Tests. Test Fda: Wide band random
vibration. High reproducibility

ГОСТ 28221—89

(МЭК 68-2-35—73)

МКС 19.040
31.020
ОКСТУ 6000, 6100, 6200, 6300

Дата введения 01.03.90

1. ВВОДНАЯ ЧАСТЬ

Основные требования к испытанию на воздействие широкополосной случайной вибрации приведены в 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 представлено отдельным стандартом с рекомендуемым методом подтверждения. Все сведения, которые требуются разработчику соответствующей нормативно-технической документации (далее — НТД) изложены в МЭК 68-2-34 (ГОСТ 28220). Сведения, необходимые инженеру-испытателю, изложены в МЭК 68-2-35 (ГОСТ 28221), МЭК 68-2-36 (ГОСТ 28222), МЭК 68-2-37 (ГОСТ 28223) в зависимости от того, какое испытание требуется.

Рекомендуется, чтобы все заинтересованные лица, руководствующиеся МЭК 68-2-34 (ГОСТ 28220), использовали и настоящий стандарт.

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

Определение этих терминов приведено ниже.

Спектральная плотность ускорения (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

Цель испытания — определение способности элементов и аппаратуры выдерживать воздействие случайной вибрации заданной степени жесткости.

Испытание на воздействие случайной вибрации применимо 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, а также использование указанных данных 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 заданным требованиям.

Издание официальное **Перепечатка воспрещена**

© Издательство стандартов, 1989
© Стандартинформ, 2006

3. КРЕПЛЕНИЕ И КОНТРОЛЬ

3.1 Крепление

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

3.2 Контрольные и измерительные точки

Испытательный режим контролируется измерениями в контрольной и измерительных точках в зависимости от точек крепления образца.

В случае большого количества малогабаритных образцов, установленных на одном крепежном приспособлении, 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 точками крепления образца.

3.2.1. Точка крепления

Точкой крепления называется часть образца, которая находится в контакте с крепежным приспособлением или вибрационным столом и является обычно местом крепления при эксплуатации. Если образец крепят к вибрационному столу с помощью крепежного приспособления, то точками крепления образца считаются точки крепления этого 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 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 среднеарифметическое значений СПУ всех измерительных точке на каждой частоте. В этом случае кумулятивное (суммарное) среднее квадратическое значение контрольного сигнала эквивалентно среднему квадратическому значению всех средних квадратических значений сигналов, полученных в измерительных точках.

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

Таблица 1

Заданный уровень	Амплитуда синусоидальной вибрации (пиковые значения)
$(м \cdot с^{-2})^2/Гц$ ($g^2/Гц$)	$м \cdot с^{-2}$(g)
<4,8 (<0,05)	9,8 (1,0)
4,8—19,2 (0,05—0.2)	14,7 (1,5)
>19,2 (>0,2)	19,6 (2,0)

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 октавы в минуту. 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 должно измеряться во всех измерительных точках. Измерения в поперечном направлении должны выполняться 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 использоваться во время этих измерений.

Отношение амплитуды пика к амплитуде провала A_p/A_n (рис. 1) определяется как отношение максимального и минимального значений частотной характеристики. Это отношение может быть измерено без использования точного измерителя частоты.

Определение отношения амплитуды пика-провала $Ap/A_н$

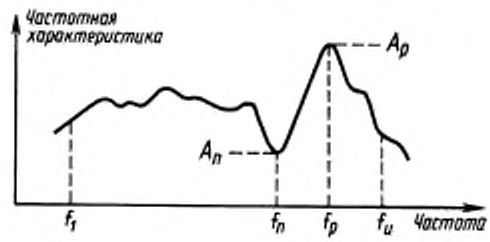


Рис. 1

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

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

где f_p — частота пика;

f_n — частота провала.

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 на наиболее жестких парах «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 остаточную пульсацию определяют для каждой пары для того, чтобы найти самую жесткую.



Рис. 2

4.3. Метод обнаружения резонанса

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

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

выявляются повреждения образца и (или) ухудшение параметров, зависящих от вибрации;

возникают механические резонансы.

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

Во время предварительного обнаружения резонанса все частоты и амплитуды, на которых этих 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 в нерабочем 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

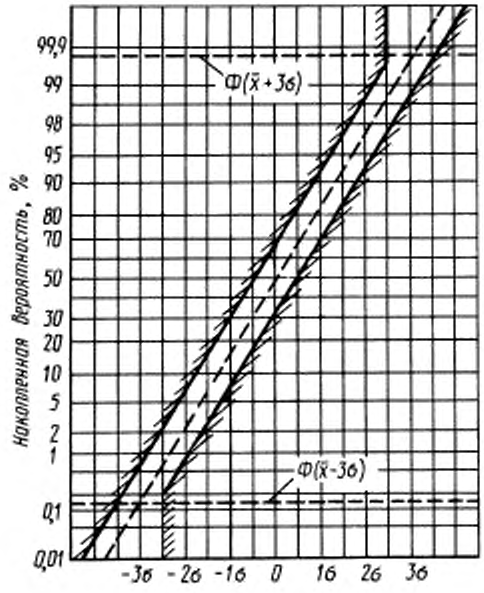
Основное движение точек крепления образца должно быть прямолинейным и стохастическим с нормальным (гауссовым) распределением мгновенных значений ускорения. Измерительные и контрольные точки должны иметь идентичное движение.

5.2. Распределение

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

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

Зона допусков для распределения мгновенных значений ускорения



α — кумулятивное среднее квадратическое значение ускорения

Рис. 3

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

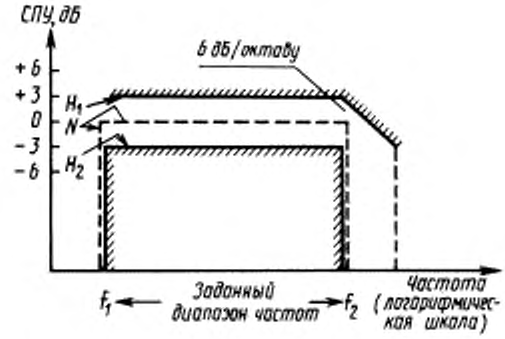
Уровень СПУ и частотный диапазон устанавливаются в соответствующей НТД. Спектр СПУ должен быть таким, как указано на рис. 4. Все эти значения в совокупности определяют номинальное кумулятивное среднее квадратическое значение ускорения, приведенное в табл. 3а и 3б.

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 на СПУ.

Таблица 2

Диапазон допусков, дБ			
Истинное значение СПУ			Истинное кумулятивное среднее квадратическое значение ускорения (от f_1 до f_2) в основном направлении
в основном направлении		в поперечном направлении	
Контрольная точка	Измерительная точка	Измерительная точка (точки)	Контрольная точка
± 3,0	± 5,0	<+ 5,0	± 1,0

Спектр СПУ и диапазон допусков



H_1 — верхняя граница диапазона допусков, высокая воспроизводимость; H_2 — нижняя граница диапазона допусков, высокая воспроизводимость; N — заданная СПУ (номинальный спектр)

Рис. 4

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, $(м \cdot с^{-2})^2/Гц$	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—5000	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 кумулятивные средние квадратические значения ускорения в единицах $м \cdot с^{-2}$ для спектра прямоугольной формы для каждого частотного диапазона и каждой СПУ.

Спектр СПУ выше верхнего предела частоты f_2 до $2f_2$ должен быть ниже наклона 6 дБ на октаву, как показано на рис. 4. Кроме того, среднее квадратическое значение ускорения в полосе частот от f_2 до $10f_2$ или 10 кГц (берется меньшее значение) не должно превышать 25 % (—12 дБ) кумулятивного среднего квадратического значения ускорения, необходимого в заданном диапазоне частот.

Измерения ускорения для подтверждения требований к вибрационному движению необходимо проводить в основном направлении во всех измерительных и контрольных точках. Измерение ускорения должно также проводиться в двух перпендикулярных поперечных направлениях в измерительной точке, наиболее отстоящей от центра плоскости крепления. Для больших изделий рекомендуется измерять ускорение в поперечном направлении в нескольких измерительных точках.

Подтверждение допусков СПУ может проводиться любым методом, соответствующим данным допускам. Поскольку подтверждение допусков СПУ вызывает значительные технические трудности, рекомендуется, чтобы выбор метода подтверждения осуществлялся в соответствии с методами, приведенными в приложениях А — С. Руководство по выбору метода подтверждения по 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 % 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.

5.5. Ограничение смещений

Все вибраторы имеют ограничения смещений. В случае необходимости подключают фильтр 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 изделия;

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, приведенные 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 приведен в приложении А, но 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 приведенный в приложении В, может быть использован, если ширина полосы частот фильтра мала и в момент 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, кроме того, необходима магнитная запись.

Метод подтверждения, основанный на качании частоты синусоидального сигнала и представленный в приложении С, может использоваться только в том случае, если образец идентичен образцам, предварительно испытанным на том же самом крепежном приспособлении методами подтверждения, которые представлены в приложениях А и В. Этот метод 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. Однако 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, что при применении смешанных методов подтверждения испытание следует проводить одновременно по всему диапазону частот. Испытание не следует разделять даже для спектров с несколькими заданными уровнями СПУ.

7. ПЕРВОНАЧАЛЬНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ

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

Если в соответствующей НТД предусмотрено 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 подвергают 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 заданной 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 установления 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 установления режима не следует вычитать из заданной длительности 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 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 25 % (—12 дБ) 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 равна удвоенному максимальному времени усреднения для аппаратуры, применяемой для анализа. Для выдержек продолжительностью до 10 мин достаточно одного значения. Для

более длительных выдержек мгновенные значения ускорения следует брать в начале и 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 — ошибки анализа). Расчет кривых ошибок анализа основывается на обычном воздействии образца и крепления на вибрационную систему генератора.

При этом методе подтверждения время анализа может быть длительным, так как необходимо подвергнуть анализу большое количество спектров. Из-за длительного времени анализа подтверждение после выдержки почти всегда необходимо.

А2. Измерение характеристик анализатора с качанием частоты

Необходимо измерить ширину полосы частоты 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_e рассчитывают как функцию коэффициента формы частотной характеристики фильтра B_{12}/B_3 по формуле

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

при следующих условиях:

$$1{,}2 < B_{12}/B_3 < 2{,}2; \quad B_{30}/B_3 \le 3{,}8; \quad B_{50}/B_3 \le 6.$$

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

Относительную ширину полосы частот фильтра B_e 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

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

где $C_f = B^*_{p6}/B_{p6}$, где B^*_{p6} — 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_{p6}.

Рис. А1

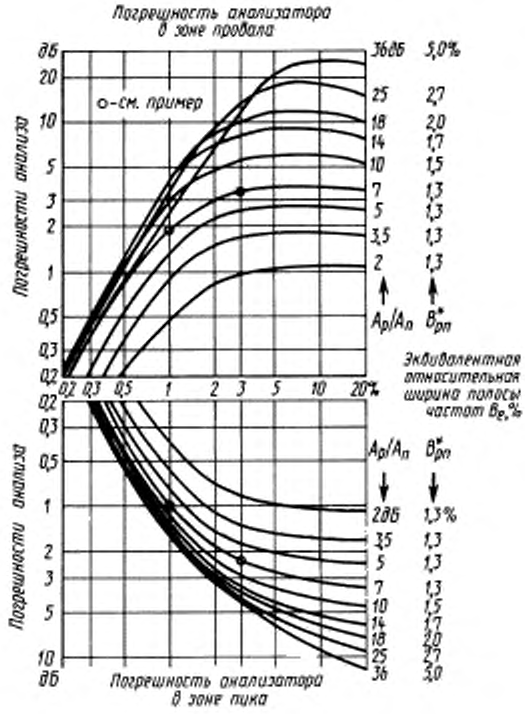


Рис. А2

Получив значение отношения 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:

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

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

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 $B_{pn} = 3{,}9$ %

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

Таким образом, $B_e = \frac{1}{3} \cdot 0{,}75 \cdot 4 = 1$ %.

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 $B_{рм}$, то $C_f = 1$ и $B = 1 \cdot 0{,}75 \cdot 4 = 3$ %.

Погрешность анализа может оказаться большей, то есть 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.

Измерения следует проводить во всех измерительных точках в основном направлении и в указанной измерительной точке (точках) в поперечных направлениях.

Анализатор должен исследовать диапазон частот от f_1 до $2f_2$. 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 используется истинное усреднение.

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

Кроме отклонений от истинного значения, 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 границах диапазона допусков, указанных в табл. А1.

Таблица А1

Основное направление		Поперечное направление в измерительной точке (точках)
Контрольная точка	Измерительная точка	
± 3 дБ	± 5 дБ	± 5 дБ

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

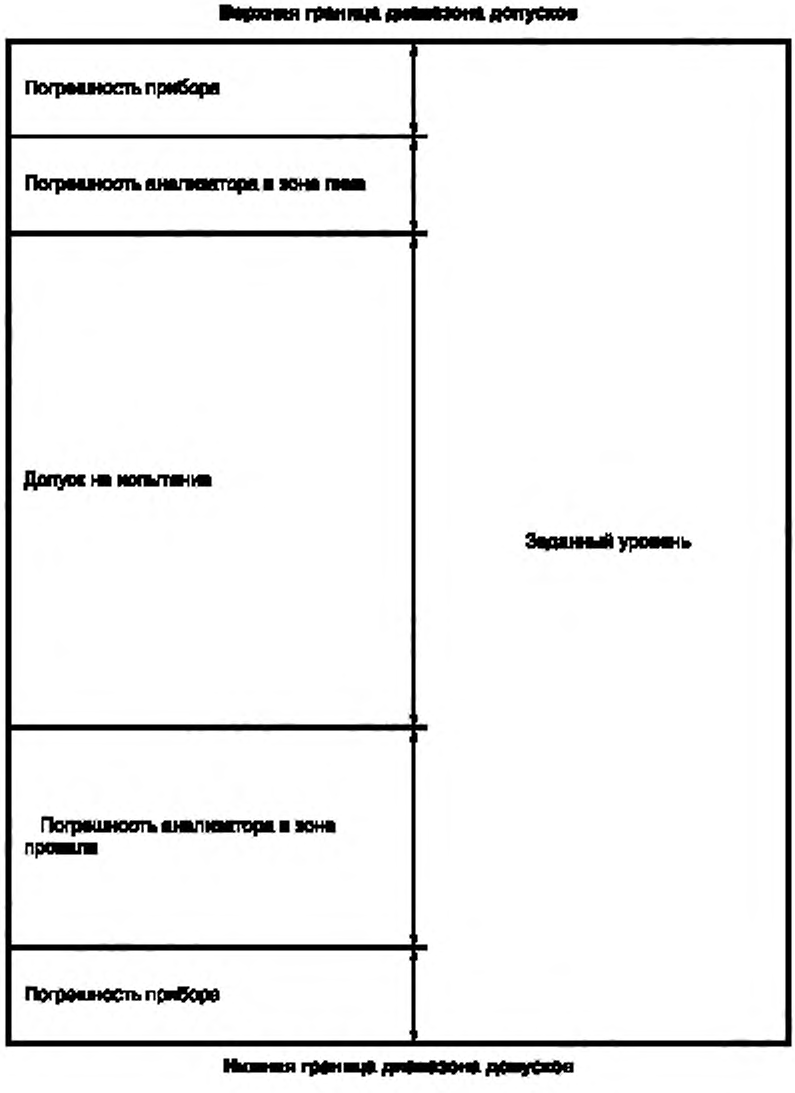


Рис. А3

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 ± 1,0 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_2 до $2f_2$ при скорости качания, не превышающей 1 октавы в минуту. 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 $C_f = B^*_{\rho\alpha}/B_{\rho\alpha}$, $B^*_{\rho\alpha}$ — отношение частот, указанное на рис. В1 и В2, для соответствующего отношения амплитуд $A_\rho/A_н$, 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 $B_{\rho\alpha}$.

Получив значение отношения $A_\rho/A_н$, выбирают соответствующие кривые на рис. В1 и В2. Остаточную пульсацию затем отсчитывают при значении B_e, рассчитанном, как указано выше. Между кривыми допускается линейная интерполяция. Обычно исследуют несколько пар «пик—провал» для обнаружения той пары, которая дает наибольшую погрешность.

Остаточная пульсация после выравнивания (все фильтры анализатора показывают 0 дБ)

Рис. В1

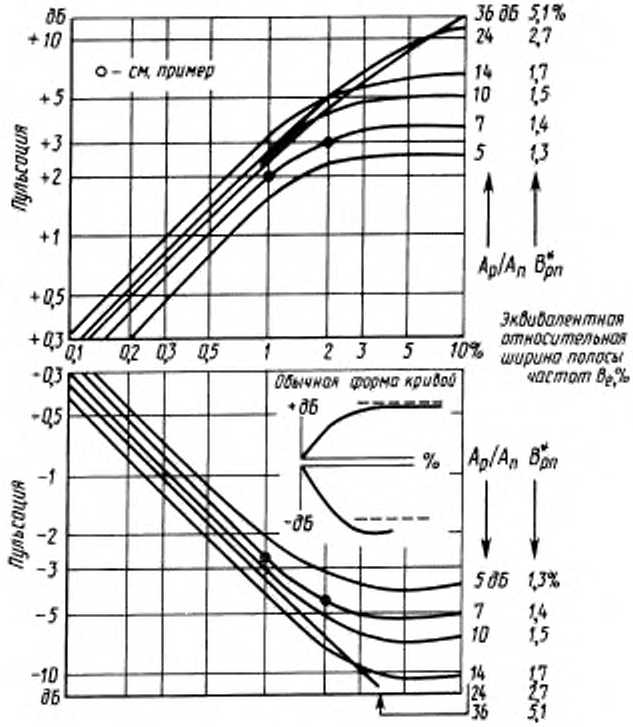


Рис. В2

Пример. Применяют комплект фильтров с постоянной шириной полосы пропускания 25 дБ. 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 $B_e = 25 \cdot 100/1250 = 2$ %), где отношение амплитуд пик—провал $A_p/A_n = 7$ дБ и соответствующее отношение частоты пик—провал $B_{pn} = 2{,}8$ %.

При $B_{pn} = 2{,}8$ %.

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

Точнее $B_e = 0{,}5 \cdot 2 = 1$ %.

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, третий абзац).

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

Измерение следует проводить во всех измерительных точках в основном направлении и в заданной измерительной точке (точках) в поперечном направлении.

Сумма остаточной пульсации, рассчитанной, как указано в разд. В3, отклонения в показаниях измерителя СПУ от заданного уровня и погрешности приборов в заданном диапазоне частот должны быть в границах диапазона допусков, указанных в табл. В1. Если суммарная неравномерность, полученная, как указано в разд. В2, больше, чем остаточная пульсация, то эта неравномерность должна использоваться вместо пульсации.

Таблица В1

Основное направление		Поперечное направление в измерительной точке (точках)
Контрольная точка	Измерительная точка	
± 3 дБ	± 5 дБ	± 5 дБ

В5. Подтверждение кумулятивного среднего квадратического значения ускорения

Во время всего испытания на воздействие случайной вибрации необходимо измерять и контролировать кумулятивное среднее квадратическое значение усреднения в соответствии с пп. 5.3 и 5.4. Значение ускорения должно находиться в пределах ± 1,0 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.

Существуют 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.

Если этот метод подтверждения используют при высокой воспроизводимости, необходимо применять прямое подтверждение спектра СПУ (см. разд. С4) методом, аналогичным приведенному в приложении А для каждой новой установки, динамические характеристики которой неизвестны.

С2. Измерение спектра СПУ генератора шума

Спектр СПУ сигнала шума как функция частоты должен контролироваться в диапазоне от 5 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 ≤ 5 Гц или 5 % средней частоты (берут большее значение).

Скорость качания не должна превышать $0{,}2\ B/t$, где t — эффективное время усреднения. Если используют усредняющую цепь RC, то $t = 2\ RC$. Рекомендуется, чтобы значение Bt 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 во всех измерительных точках в основном направлении движения и в заданных измерительных точках в поперечном направлении.

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 в основном направлении не должны превышать значений, приведенных в табл. С.1.

Таблица С1

Без выравнивателя		С выравнивателем	
Контрольная точка	Измерительная точка	Контрольная точка	Измерительная точка
6 дБ	10 дБ	2 дБ	6 дБ

Амплитуда ускорения в поперечном направлении, измеренная во время снятия частотной характеристики, не должна превышать амплитуду ускорения в любой измерительной точке в основном направлении на любой частоте.

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. Прямое подтверждение спектра СПУ

Прямое подтверждение спектра СПУ должно быть предварительно проведено на образце или на идентичной модели на одном и том же крепежном приспособлении. Таким образом, изменения направления воздействия вибрации, крепления или образца, которые могут привести к изменению резонансных частот, требуют прямого подтверждения спектра СПУ.

С5. 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. Величина ускорения должна находиться в пределах ± 1,0 дБ после коррекции погрешностей приборов.

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

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

1. **Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 15.08.89 № 2560 введен в действие государственный стандарт СССР ГОСТ 28221—89, в качестве которого применен стандарт Международной Электротехнической Комиссии МЭК 68-2-35—73 с Поправкой № 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
Разд. 1	МЭК 68-2-34—73	ГОСТ 28220—89
Разд. 1	МЭК 68-2-35—73	ГОСТ 28221—89
Разд. 1	МЭК 68-2-36—73	ГОСТ 28222—89
Разд. 1	МЭК 68-2-37—73	ГОСТ 28223—89
П. 3.1	МЭК 68-2-47—82	ГОСТ 28231—89
Разд. 4	МЭК 68-2-6—82	ГОСТ 28203—89

3. **Замечания к внедрению ГОСТ 28221—89**
Техническое содержание стандарта МЭК 68-2-35—73 «Основные методы испытаний на воздействие внешних факторов. Часть 2. Испытания. Испытание Fda: Широкополосная случайная вибрация. Высокая воспроизводимость» принимают для использования и распространяют на изделия электронной техники народно-хозяйственного назначения

4. **ПЕРЕИЗДАНИЕ. Октябрь 2006 г.**

Редактор *М.И. Максимова*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *М.С. Кабашова*
Компьютерная верстка *А.Н. Золотаревой*

Сдано в набор 09.08.2006. Подписано в печать 13.11.2006. Формат 60x84$^1/_8$. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать офсетная. Усл. печ. л. 2,79. Уч.-изд.л. 1,90. Тираж 48 экз. Зак. 260. С 3454.

ФГУП «Стандартинформ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4.
gost.e-ecolog.ru @gostinfo.ru
Набрано и отпечатано во ФГУП «Стандартинформ»

gost.e-ecolog.ru