ГОСТ 28213—89
(МЭК 68-2-27—87)

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ НА ВОЗДЕЙСТВИЕ ВНЕШНИХ ФАКТОРОВ

Часть 2

ИСПЫТАНИЯ

ИСПЫТАНИЕ ЕА И РУКОВОДСТВО: ОДИНОЧНЫЙ УДАР

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 68-2-27—87 подготовлен Подкомитетом 50А: «Испытания на удар и вибрацию» Технического комитета 50 МЭК «Испытания на воздействие внешних факторов».

Третье издание стандарта заменяет второе издание стандарта МЭК 68-2-27 (1972). Оно включает Поправку № 1 (1982) и Поправку № 2 (1983).

Содержание настоящего стандарта основано на следующих документах:

Документы по правилу шести месяцев	Отчеты о голосовании
50А (Центральное бюро) 161 50А (Центральное бюро) 162	50А (Центральное бюро) 168 50А (Центральное бюро) 169

Более подробную информацию можно найти в Отчетах о голосовании, указанных выше.

Стандарты МЭК, на которые имеется ссылка в настоящем стандарте:

68-1—82 Основные методы испытаний на воздействие внешних факторов. Часть 1. Общие положения и руководство.

68-2 Часть 2. Испытания.

68-2-29—87 Испытание Eb и руководство: Многократные удары.

68-2-31—69 Испытание Ec: Падение и опрокидывание, предназначенное в основном для аппаратуры.

68-2-32—75 Испытание Ed: Свободное падение.

68-2-47—82 Крепление элементов, аппаратуры и других изделий в процессе динамических испытаний, включая удар (Ea), многократные удары (Eb), вибрацию (Fc и Fd), линейное ускорение (Ga) и руководство.

68-2-55—87 Испытание Ec и руководство. Транспортная тряска.

721-3 Классификация внешних воздействующих факторов. Часть 3. Классификация групп параметров внешних воздействующих факторов и их степеней жесткости.

721-3-1—87 Часть 3. Классификация групп параметров внешних воздействующих факторов и их степеней жесткости. Хранение.

721-3-5—85 Часть 3. Классификация групп параметров внешних воздействующих факторов и их степеней жесткости. Наземные средства передвижения.

УДК 621.38:620.193:006.354 Группа Э29

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

Основные методы испытаний на воздействие внешних факторов

Часть 2

ИСПЫТАНИЯ

Испытание Ea и руководство: Одиночный удар

Basic environmental testing procedures.
Part 2. Tests. Test Ea and guidance: Shock

ГОСТ 28213—89

(МЭК 68-2-27—87)

МКС 19.040
31.020
ОКСТУ 6000, 6100, 6200, 6300

Дата введения 01.03.90

ВВОДНАЯ ЧАСТЬ

Настоящее испытание применяется для элементов, аппаратуры и других электротехнических изделий (далее — образцов), которые во время транспортирования или эксплуатации подвергаются относительно нечастым одиночным ударам. Испытание на воздействие одиночного удара может также применяться как способ определения качества конструкции образца, а также оценки его структурной прочности и как средство контроля качества образца. Испытание проводят путем воздействия на образец одиночных ударов со стандартными формами импульсов определенной длительности и пиковым ускорением.

В разд. 11 приведен перечень сведений, необходимых для включения в соответствующую НТД, а в приложении А — руководство по проведению испытаний.

1. ЦЕЛЬ

Целью испытания является разработка стандартной методики для определения способности образца выдерживать заданные степени жесткости испытания на воздействие одиночного удара.

2. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Настоящий стандарт разработан на основе испытаний образцов заданными формами ударных импульсов. Руководство по выбору и применению этих импульсов дано в приложении А, а характеристики различных форм импульсов представлены в приложении В. В стандарте рассматриваются три вида (формы) импульсов: полусинусоидальный, пилообразный с пиком на конце импульса и трапецеидальный. Выбор формы импульса зависит от многих факторов. Трудности, возникающие при этом, и предпочтительные факторы, учитываемые при выборе форм импульса, изложены в настоящем стандарте (см. разд. А3).

Издание официальное **Перепечатка воспрещена**

© Издательство стандартов, 1989
© Стандартинформ, 2006

Целью настоящего испытания является определение механических дефектов и (или) ухудшения заданных характеристик, а также использование этой информации вместе с требованиями соответствующей нормативно-технической документации (далее — НТД) для определения конструктивной прочности образцов или как средство контроля их качества (см. разд. А2).

Это испытание главным образом применяют для образцов без упаковки и для образцов в транспортной таре, когда последняя рассматривается как часть самого образца.

Предполагается, что ударные импульсы не воспроизводят импульсы, возникающие в реальных условиях. Там, где возможно, степень жесткости и форма ударного импульса, воздействующего на образец, должны быть такими, чтобы воспроизвести реальные условия транспортирования или окружающие условия, в которых образец будет использоваться или удовлетворять требованиям конструкции, если целью испытаний является оценка прочности всей конструкции (см. разд. А2 и А4).

При проведении данного испытания образец всегда крепят к крепежному приспособлению или вибрационному столу испытательной установки.

Для облегчения пользования настоящим стандартом в основной части даны ссылки на соответствующие разделы приложения А, а в приложении А — ссылки на соответствующие разделы основной части стандарта.

Настоящий стандарт следует применять совместно с МЭК 68-1 (ГОСТ 28198).

3. ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Термины, применяемые в настоящем стандарте, — по МЭК 68-1 (ГОСТ 28198).

Дополнительные термины и определения, приведенные ниже, применяются только для настоящего стандарта.

3.1. **Точка крепления** — часть образца, находящаяся в контакте с крепежным приспособлением или столом ударной установки, которая обычно используется для крепления образца в реальных условиях.

3.2. **Проверочная точка** — точка крепления, ближайшая к центру поверхности стола ударной установки; если имеется другая точка, более жестко связанная со столом вибрационной установки, то эта точка является проверочной.

Примечание. Это определение применяют в случае, когда предусматривается только одна проверочная точка. Другие стандарты также содержат определение термина «проверочная точка», которое применяют в случаях, когда предусматривается контроль испытания с помощью нескольких проверочных точек (больше одной).

3.3. **Степень жесткости удара** — комбинация пикового ускорения и длительности номинального импульса.

3.4. **Изменение скорости** (импульса ударного ускорения) — абсолютное значение мгновенного приращения скорости во времени от приложенного ускорения.

Примечание. Изменение скорости обычно считают мгновенным, если оно имеет место во времени, которое мало по сравнению с основным интересующим периодом.

3.5. $\mathbf{g_n}$ — стандартное ускорение, обусловленное земной гравитацией, которое изменяется в зависимости от высоты и географической широты.

Примечание. В настоящем стандарте значение g_n округлено до ближайшего целого и составляет 10 $м \cdot с^{-2}$.

4. ОПИСАНИЕ ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

4.1. Требуемые характеристики

Когда ударная установка и (или) крепежное приспособление нагружены образцом, воздействующие ударные импульсы в проверочной точке должны иметь временную зависимость номинального ускорения, аппроксимируемую одной из кривых, представленных на рис. 1, 2 и 3.

4.1.1. Основные формы импульсов

Истинное значение реального импульса должно быть в пределах допусков, показанных сплошными линиями на соответствующих рисунках.

Примечание. В случае, когда практически невозможно получить импульс в пределах указанных допусков в НТД на изделие, должна быть рекомендована другая методика (см. разд. А5).

Рекомендуемые формы импульсов представлены ниже. Порядок их перечисления не означает никакой предпочтительности.

Пилообразный с пиком на конце импульса: асимметричный треугольник с малым временем спада, как указано на рис. 1.

Полусинусоидальный: один полупериод синусоидального сигнала, как указано на рис. 2.

Трапецеидальный: симметричная трапеция с малым временем подъема и спада, как указано на рис. 3.

4.1.2. Допуски на изменение скорости

Для всех форм импульса действительное изменение скорости должно находиться в пределах ± 15 % соответствующего номинального импульса.

В том случае, когда изменение скорости определяют интегрированием реального импульса, оно должно проводиться в пределах от 0,4 D до начала импульса до 0,1 D после воздействия импульса, где D — длительность номинального импульса.

Примечание. Если допуск на изменение скорости нельзя обеспечить без применения специального дорогостоящего оборудования, в соответствующей НТД должна быть рекомендована другая методика (см. разд. А5, А6).

4.1.3. Поперечное движение

Положительный или отрицательный пик ускорения в проверочной точке в направлении, перпендикулярном заданному воздействию удара, не должен превышать 30 % пикового ускорения номинального импульса в заданном направлении при его определении измерительной системой в соответствии с п. 4.2 (см. разд. А5).

Примечание. Если допуски на поперечное движение нельзя обеспечить в требуемых пределах, в НТД на изделия должна быть рекомендована другая методика (см. разд. А5).

4.2. Измерительная система

Характеристики измерительной системы должны быть такими, чтобы можно было определить, что истинное значение действительного импульса в предполагаемом направлении в поверочной точке находится в пределах допусков, указанных на рис. 1—3 п. 4.1.1.

Частотная характеристика всей измерительной системы, включая акселерометр, может оказать значительное влияние на точность измерения и должна находиться в пределах допусков, указанных на рис. 4 (см. разд. А4).

4.3. Крепление

Во время выдержки образец должен быть закреплен на крепежном приспособлении или столе ударного стенда обычными средствами крепления. Требования к креплениям — по МЭК 68-2-47 (ГОСТ 28231).

5. СТЕПЕНИ ЖЕСТКОСТИ

В соответствующей НТД должны быть указаны как форма ударного импульса, так и степень жесткости испытания. Следует выбрать одну из форм ударного импульса, указанных в п. 4.1.1, и степень жесткости по табл. 1. Если не оговорено особо, то должно быть выбрано одно из сочетаний, представленное в табл. 1 на одной линии. Предпочтительные сочетания подчеркнуты. Кроме того, в таблице также представлено соответствующее изменение скорости (см. разд. А4).

Примечание. Если воздействие известной окружающей среды нельзя воспроизвести с помощью степеней жесткости, представленных в табл. 1, в соответствующей НТД может быть указана рекомендуемая степень жесткости, применяемая в сочетании с одной из форм импульса, представленных на рис. 1, 2 и 3 (см. разд. А4).

Таблица 1

Ускорение и длительность импульса

Пиковое ускорение A, g_n ($м \cdot с^{-2}$)		Соответствующая длительность номинального импульса D, мс	Соответствующее изменение скорости импульса Δv, $м \cdot с^{-1}$		
			полусинусоидального $\Delta v = \frac{2}{\pi} AD \times 10^{-3}$	пилообразного с пиком на конце импульса $\Delta v = 0{,}5AD \times 10^{-3}$	трапецеидального $\Delta v = 0{,}9AD \cdot 10^{-3}$
5	(50)	30	1,0	—	—
15	(150)	11	1,0	0,8	1,5
30	(300)	18	3,4	2,6	4,8
30	(300)	11	2,1	1,6	2,9
30	(300)	6	1,1	0,9	1,6
50	(500)	11	3,4	2,7	4,9
50	(500)	3	0,9	0,7	1,3
100	(1000)	11	6,9	5,4	9,7
100	(1000)	6	3,7	2,9	5,3
200	(2000)	6	7,5	5,9	10,6
200	(2000)	3	3,7	2,9	5,3
500	(5000)	1	3,1	—	—
1000	(10000)	1	6,2	—	—
1500	(15000)	0,5	4,7	—	—
3000	(30000)	0,2	3,7	—	—

6. ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ВЫДЕРЖКА

Предварительная выдержка должна быть указана в соответствующей НТД на изделия.

7. ПЕРВОНАЧАЛЬНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Образец должен быть визуально осмотрен, измерены его размеры и проверено функционирование в соответствии с требованиями соответствующей НТД.

8. ВЫДЕРЖКА

8.1. Воздействие ударов

Если в соответствующей НТД не оговорено особо, в каждом направлении по трем взаимно перпендикулярным осям образца должно быть приложено три последовательных удара, т. е. общее количество ударов должно быть равно 18.

При большом количестве идентичных образцов их можно ориентировать таким образом, чтобы удары прикладывались одновременно по осям и направлениям, указанным выше, а также в разд. А7.

8.2. Работоспособность и контроль функционирования образца

В соответствующей НТД следует указать, должен ли образец:

а) функционировать во время воздействия удара, необходим ли при этом контроль его рабочих характеристик и (или)

б) выдерживать условия воздействия ударов.

Для обоих случаев в соответствующей НТД следует указать критерии, на основании которых можно судить о годности или негодности образца.

9. ВОССТАНОВЛЕНИЕ

В соответствующей НТД допускается указывать период восстановления.

10. ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Образец должен быть визуально осмотрен, измерены его размеры и проверено функционирование в соответствии с требованиями соответствующей НТД.

В соответствующей НТД должен быть предусмотрен критерий, по которому можно судить о степени годности образца.

11. СВЕДЕНИЯ, КОТОРЫЕ СЛЕДУЕТ УКАЗЫВАТЬ В СООТВЕТСТВУЮЩЕЙ НТД

Если указанное испытание включено в соответствующую НТД, то в ней должны быть приведены следующие данные по мере необходимости:

	Номер раздела, пункта
а) форма импульса (разд. А3)	4.1.1
б) допуски, особые случаи (разд. А5)	4.1.1
в) изменение скорости, особые случаи (разд. А6)	4.1.2
г) поперечное движение, особые случаи	4.1.3
д) способ крепления	4.3
е) степень жесткости (разд. А4)	5
ж) предварительная выдержка	6
з) первоначальные измерения	7
и) направления и количество ударов, только в особых случаях (разд. А7)	8.1
к) работоспособность и контроль функционирования изделия	8.2
л) критерии годности и отбраковки	8.2, 10
м) восстановление	9
н) заключительные измерения	10
о) верхняя частота среза (разд. А5)	рис. 4

ПРИЛОЖЕНИЕ А
Рекомендуемое

РУКОВОДСТВО

А1. Введение

С помощью этого испытания обеспечивается воздействие на образец, сравнимое с воздействиями, имеющими место в реальных условиях транспортирования или эксплуатации, которые могут быть воспроизведены в испытательной лаборатории.

Воспроизведение реальных условий не является главной целью настоящего испытания.

Приведенные в настоящем стандарте параметры стандартизованы, а приемлемые допуски выбраны таким образом, чтобы можно было получить аналогичные результаты при проведении испытаний в лабораториях различным обслуживающим персоналом. Стандартизация значений параметров позволяет группировать изделия по категориям, в соответствии с их способностью выдерживать определенные степени жесткости, указанные в настоящем стандарте.

Для упрощения пользования настоящим приложением в нем приведены ссылки на соответствующие разделы и пункты основной части стандарта.

А2. Область применения испытания

Многие образцы в процессе эксплуатации при переносе с места на место, а также во время транспортирования могут быть подвержены воздействию удара. Эти удары сильно отличаются друг от друга по уровню и имеют сложную природу. Испытание на воздействие удара обеспечивает удобный метод определения способности образцов выдерживать воздействие одиночного удара. Для повторяющихся ударов испытание по МЭК 68-2-29 (ГОСТ 28215) является более приемлемым (см. приложение С).

Испытание на воздействие удара может быть также использовано для оценки конструктивной прочности образцов типа «элемент» с целью проведения их аттестации и (или) контроля качества. Обычно в этом случае применяют удары с высоким уровнем ускорения, при этом главной целью испытаний является воздействие определенной силы на внутреннюю структуру образцов, особенно в том случае, когда у образцов имеются внутренние полости (см. разд. 2).

Разработчику, который намерен включить в НТД данное испытание, необходимо обратить внимание на разд. 11 стандарта, чтобы гарантировать включение в НТД всей требуемой информации.

А3. Формы импульсов (разд. 2)

В настоящем стандарте представлены три формы импульсов, которые находят широкое применение. Для целей испытания может быть использована любая форма импульсов (см. п. 4.1.1 и табл. 1).

Полусинусоидальный импульс применяется для воспроизведения удара, возникающего при соударении или резком торможении линейной подвижной системы, например удара, упругого по своей структуре.

Трапецеидальный импульс вызывает более высокий отклик в широком спектре частот по сравнению с полусинусоидальным. Трапецеидальный импульс применяется в том случае, когда целью испытания является воспроизведение ударных воздействий, таких, как во время запуска космического зонда или спутника при фазе «отстрел болтов».

Примечание. Полусинусоидальный импульс является наиболее распространенным. Трапецеидальный импульс, в основном, предназначен для аппаратуры.

Пилообразный импульс с пиком на конце имеет более равномерный спектр по сравнению с полусинусоидальным или трапецеидальным импульсом.

Информация относительно спектра удара для этих трех импульсов представлена в приложении В.

В случае, когда спектр удара в условиях эксплуатации или транспортирования известен, для выбора наиболее подходящей формы импульса следует воспользоваться рис. 5, 6, 7 настоящего стандарта. В том случае, когда спектр удара в условиях транспортирования или эксплуатации не известен, следует сослаться на табл. 2 настоящего стандарта, в которой перечислены степени жесткости и формы импульсов, применяемые для различных видов транспортирования и эксплуатации изделий.

Для изделий в упаковке удары, имеющие место при переноске и транспортировании, по существу являются простыми, что дает возможность при испытаниях применять полусинусоидальный импульс, параметры которого можно определять по наблюдению изменения скорости.

Таблица 2

Примеры форм ударного импульса и степеней жесткости, используемых при испытаниях на воздействие удара для различного применения

Степень жесткости		Вид (форма) импульса	Элементы	Аппаратура
Пиковое ускорение, g_n ($м \cdot с^{-2}$)	Длительность, мс			
15 (150)	11	Пилообразный со спадом в конце. Полусинусоидальный. Трапецеидальный		Основное испытание для определения прочности, при погрузочно-разгрузочных работах и транспортировании. Стационарная аппаратура, транспортируемая только автомобильным, железнодорожным и авиационным транспортом в защитной противоударной упаковке
30 (300)	18	Пилообразный со спадом в конце. Полусинусоидальный. Трапецеидальный		Испытание на прочность конструкции крепления аппаратуры. Аппаратура, установленная или транспортируемая в закрепленном положении на железнодорожном, автомобильном или воздушном транспорте
50 (500)	11	Пилообразный с пиком на конце. Полусинусоидальный. Трапецеидальный*	Элементы в защитной упаковке, транспортируемые колесным транспортом (по автодорогам и железным дорогам), дозвуковыми и сверхзвуковыми самолетами, торговыми судами или легкими военными кораблями. Элементы, установленные в аппаратуру, транспортируемую или установленную на колесный транспорт, передвигающийся по автодорогам или железной дороге, на дозвуковые и сверхзвуковые транспортные самолеты, торговые суда и легкие военные корабли. Элементы, устанавливаемые в аппаратуру, предназначенную для тяжелой промышленности	Аппаратура, устанавливаемая или транспортируемая в закрепленном положении транспортными средствами повышенной проходимости. Аппаратура, перевозимая в незакрепленном положении по автодорогам и железным дорогам длительное время Аппаратура, используемая в промышленности и подвергаемая ударам при механизированных погрузочно-разгрузочных работах, например доковые краны, автопогрузчики
100 (1000)	6	Пилообразный с пиком на конце. Полусинусоидальный. Трапецеидальный*	Элементы в защитной упаковке, транспортируемые транспортными средствами повышенной проходимости Элементы, установленные в аппаратуру, транспортируемую или размещенную на транспортных средствах повышенной проходимости	Отдельные удары при погрузочно-разгрузочных работах на автомобильном или железнодорожном транспорте Удары высокой интенсивности пуска, разделением частей ракет (космических кораблей), аэродинамического удара и при входе космического корабля в плотные слои атмосферы

Продолжение табл. 2

Степень жесткости		Вид (форма) импульса	Элементы	Аппаратура
Пиковое ускорение, g_n ($м \cdot с^{-2}$)	Длительность, мс			
100 (1000)	6		Элементы, установленные в аппаратуру, размещаемую на дозвуковых и сверхзвуковых транспортных самолетах Элементы, установленные в аппаратуру, перевозимую в незакрепленном состоянии автомобильным или железнодорожным транспортом в течение длительного времени	Портативная аппаратура
500 (5000)	1	Полусинусоидальный	Испытание прочности конструкции полупроводниковых приборов, интегральных схем, микросхем и микросборок	Удары, вызванные взрывом, произведенным на земле, в воде или в воздухе
1500 (15000)	0,5	Полусинусоидальный	Испытание прочности конструкции полупроводниковых приборов, интегральных схем, микросхем и микросборок	

* Применяется в основном для аппаратуры.

Примечание. Настоящая таблица не является обязательной, в ней перечислены только степени жесткости для различного применения. Необходимо иметь в виду, что в реальных условиях эксплуатации воздействующие нагрузки отличаются от указанных в табл. 2.

А4. Степени жесткости испытания (разд. 2 и 5)

Там, где возможно, степени жесткости испытания и форма ударного импульса, воздействующие на образец, должны определяться внешними условиями, которым образец подвергается во время транспортирования или эксплуатации, либо они определяются требованием конструкции, если целью испытания является оценка конструктивной прочности.

Часто условия транспортирования могут оказаться более жесткими, чем эксплуатационные, в этом случае степень жесткости испытания должна соответствовать условиям транспортирования. Казалось бы, что в этом случае образец должен испытываться только по степени жесткости, соответствующей условиям транспортирования, но с другой стороны, может потребоваться проверка функционирования образца при воздействии внешних условий эксплуатации. В таком случае потребуется проведение испытаний на удар как на условия эксплуатации, так и транспортирования с измерением значений определенных параметров после проведения испытаний на условия транспортирования и контролем функционирования образца в процессе проведения испытаний на воздействие условий эксплуатации.

При назначении степени жесткости испытания следует обратить внимание на обеспечение достаточного запаса между степенью жесткости испытания и условиями реальной окружающей среды.

В том случае, когда реальные эксплуатационные или транспортные условия не известны, необходимую степень жесткости следует выбирать из табл. 1. Кроме того, необходимо сделать ссылку на разд. В3.

А5. Допуски

Метод испытания, приведенный в настоящем стандарте, имеет высокую воспроизводимость, когда выполняются требования к допускам в отношении формы импульса, изменения скорости и поперечного движения.

Однако, имеются некоторые исключения в отношении требований к допускам; они, в основном, применимы к образцам с большой реактивной нагрузкой, масса и динамическая реакция которых могут повлиять на характеристики ударной установки таким образом, что требования к допускам выполнить невозможно. В этом случае в соответствующей НТД должны быть указаны большие значения допусков или должно быть указано, что полученные результаты должны быть зарегистрированы в протоколе испытаний (см. пп. 4.1.1, 4.1.2 и 4.1.3).

При испытании образцов с большой реактивной нагрузкой может оказаться необходимым проведение предварительной выдержки для проверки характеристик нагруженной ударной установки. В случае сложных образцов, когда имеется в наличии один или ограниченное количество образцов для испытания, предварительные испытания могут привести к ужесточению испытания и возможному нехарактерному кумулятивному разрушению. В этих случаях, там где возможно, рекомендуется провести предварительную проверку, используя характерную модель (например, образец, вышедший из строя) или, если такой образец отсутствует, может быть использована пространственная модель такой же массы и имеющая такое же расположение центра тяжести. Однако следует заметить, что пространственная модель может не иметь ту же динамическую реакцию, что и реальная модель.

Частотная характеристика всей измерительной системы, включая акселерометр, является важным фактором в получении требуемой формы импульса и степени жесткости; она должна находиться в пределах допусков, указанных на рис. 4. В том случае когда необходимо использовать фильтр низких частот для уменьшения влияния наложенных колебаний, вызванных наличием в акселерометре высокочастотных резонансов, необходимо учесть амплитудные и фазовые характеристики измерительной системы для того, чтобы избежать искажения воспроизводимой формы (см. п. 4.2).

Для ударов длительностью, равной или меньше 0,5 мс, значения частот f_3 и f_4, указанные на рис. 4, могут быть без необходимости слишком высокими. В этом случае в соответствующей НТД должны быть указаны другие приемлемые значения (см. п. 4.2).

А6. Изменение скорости (п. 4.1.2)

Для всех форм импульса необходимо указать действительное изменение скорости. Определение изменения скорости можно произвести одним из нижеследующих способов:

измерение скорости соударения для ударных импульсов, не включая отскок;

измерением высоты падения и отскока, когда используется установка со свободным падением;

путем интегрирования кривой ускорение — время.

Если рекомендуется способ интегрирования кривой, то реальное изменение скорости импульса, если не оговорено особо, определяется посредством интегрирования ударного импульса от 0,4 D до начала импульса до 0,1 D после окончания воздействия импульса, где D — длительность номинального импульса. Определение изменения скорости импульса с помощью метода электронного интегрирования может быть достаточно трудным и может потребовать применения сложной установки. Поэтому необходимо оценить стоимость используемого оборудования, прежде чем выбрать этот метод.

Одна из целей задания изменения скорости и связанной с ней зоной допусков — это стремление лабораторий по испытаниям генерировать импульс, эквивалентный номинальному импульсу, т. е. основному импульсу в пределах допусков, указанных на рис. 1, 2, 3 настоящего стандарта. Таким образом поддерживается воспроизводимость испытания.

Другая цель задания изменения скорости связана со спектрами ударов (см. разд. В3).

А7. Выдержка (п. 8.1)

Одним из основных требований испытания является воздействие трех ударов в каждом из шести направлений. Когда нет необходимости проводить испытание в шести направлениях, например, вследствие симметрии образца или когда точно известно, что направление воздействия ударов меньше, в соответствующей НТД может быть указано другое количество направлений воздействия, но количество ударов в каждом направлении не должно быть изменено. При этом необходимо учесть такие факторы, как количество имеющихся образцов для испытания, их сложность, стоимость и ориентацию изделия при эксплуатации.

Так как целью испытания не является разрушение образцов, то в том случае когда имеется в наличии достаточное количество образцов, они могут быть ориентированы таким образом, чтобы требования соответствующей НТД в отношении направлений воздействия ударов по осям образца могли быть выполнены посредством воздействия трех ударов только в одном направлении.

В зависимости от количества однотипных образцов и средств крепления (особенно типа «элемент») образцы могут быть ориентированы таким образом, что требования соответствующей НТД будут выполнены при минимальном количестве воздействующих ударов. Например, если имеется 6 образцов, то при креплении они могут быть сориентированы по 6 различным направлениям, так чтобы требования соответствующей НТД были выполнены воздействием ударов только в одном направлении. Если же имеются от 3 до 5 образцов, то удары необходимо приложить к закрепленным образцам в двух направлениях. Подобным образом для двух образцов потребуется 3 направления воздействия удара, а для единичного образца — все 6 направлений воздействия.

В случае, когда имеется только один образец должно быть приложено 18 ударов, однако испытание при этом примет несколько непредставительный характер. Важно, чтобы разработчик соответствующей НТД тщательно продумал это положение.

ПРИЛОЖЕНИЕ В
Рекомендуемое

УДАРНЫЙ СПЕКТР И ДРУГИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ФОРМ ИМПУЛЬСА

Введение

Для использования современных технических средств при испытании на удар и обеспечения возможности дальнейшего усовершенствования ударных установок испытание Еа устанавливает одну из трех возможных форм ударного импульса (с установленной степенью жесткости), который воздействует на образец через его точки крепления и не связывает испытание с конкретными типами ударных установок. Выбор формы импульса и степени жесткости должен осуществляться с учетом конструкции образца.

Все методы можно считать приемлемыми с точки зрения воспроизводимости определенных условий испытания и для имитации реальных ударных воздействий. Для обеспечения испытаний на воздействие удара, которые будут воспроизводимы и практически достоверны, необходимо при создании методики испытания на воздействие удара принять во внимание основные понятия, которые приводятся ниже.

В1. Понятие об ударном спектре

Ударные спектры ускорения различных форм ударных импульсов рассматриваются при разработке методики испытания на удар, так как они дают во многих практических случаях полную информацию о потенциальном повреждении, которое может возникнуть при испытании на удар.

Ударный спектр ускорения можно рассматривать как максимальный отклик ускорения на данное ударное возбуждение упругих недемпфированных систем со сосредоточенными массами в виде функции собственных частот этих систем. Максимальное ускорение колебательных систем определяет в большинстве случаев максимальное механическое напряжение в точках крепления и максимальное относительное смещение их упругих элементов.

Допустим, что корпус, изображенный на рис. 8, подвергается ударному воздействию с определенной формой импульса, т. е. зависимостью ускорения от времени $d^2x_f/dt^2 = a(t)$, где x_f — смещение относительно фиксированной системы координат. Откликом системы является колебание с различным нарастанием ускорения во времени для масс m в зависимости от их резонансных частот (f_1, f_2, f_3 и т. д.).

На рис. 9а в качестве примера воздействующего импульса представлен импульс с величиной пикового ускорения A и длительностью D, а на рис. 9б представлены соответствующие отклики по ускорению $d^2x_1/dt^2 = a_1(t)$ и т. д. для резонансных частот.

Ударные спектры (рис. 9с) получаются в результате откликов системы, имеющей бесконечное число резонансных частот, и представляются в виде графиков значений предельных (максимальных и минимальных) откликов ускорения $a_{макс}$ на рис. 9б как функции резонансных частот для недемпфированной линейной упругой системы.

Положительный начальный ударный спектр $+I$ на рис. 9с представляет собой огибающую максимальных значений ускорений отклика, возникающего в период действия импульса в том же самом направлении, что и возбуждающий импульс $a_{макс}$ $(+I)$ на рис. 9б.

Положительный остаточный ударный спектр $+R$ представляет собой огибающую максимальных значений ускорения того же самого отклика, возникающего после окончания импульса и совпадающего с ним по направлению: $a_{макс}$ $(+R)$.

Отрицательный начальный ударный спектр $-I$ представляет собой огибающую максимальных значений ускорения отклика, возникающего в период действия импульса в направлении, обратном действию этого импульса: $a_{макс}$ $(-I)$.

Отрицательный остаточный ударный спектр $-R$ представляет собой огибающую максимальных значений ускорения отклика, возникающего после окончания действия импульса в направлении, обратном действию этого импульса: $a_{макс}$ $(-R)$.

Все четыре спектра представлены на рис. 9с, где, кроме того, отмечены резонансные частоты корпуса.

Так как затухание импульса предполагается равным нулю, отклик после воздействия импульса представляет собой устойчивое синусоидальное колебание вокруг нулевого ускорения. Таким образом, положительные и отрицательные остаточные спектры удара являются зеркальным отражением друг друга относительно частотной оси при изображении ударного спектра ускорения.

Отрицательный начальный спектр всегда меньше по величине, чем положительный для тех форм импульса, о которых идет речь в данном документе. Поэтому методика испытания на удар требует проведения испытаний в обоих направлениях вдоль каждой оси. Максимальное ускорение для составных частей данной системы определяется затем положительным начальным спектром в обоих направлениях. Отрицательный начальный спектр поэтому не упоминается далее по тексту настоящего приложения.

Огибающая положительного начального спектра и огибающая остаточного спектра показывают максимальное ускорение отклика масс, когда бы оно не возникло. Она называется максимальным откликом спектра удара. Для того, чтобы представить более полные сведения, начальный и остаточный спектры изображены отдельно. Часто бывает затруднительно установить точную длительность и в этом случае практически невозможно определить эти спектры в отдельности.

Спектры удара могут быть легко нормализованы по максимальному значению амплитуды и длительности для одинаковых форм ударных импульсов. Если вместо f и $a_{макс}$ выбирают координаты шкалы fD и $a_{макс}/A$, то спектры удара будут действительны для любых ударов такой же формы импульса. Спектры, представленные на рис. 5, 6, 7, 11 и 12, имеют следовательно координаты шкалы: $a_{макс}/A$ как функцию fD и $a_{макс}$ как функцию f для частного примера длительности и пикового ускорения.

В2. Использование ударных спектров первого порядка на практике

В элементах и аппаратуре внутренние детали или части обычно образуют более сложную систему, чем недемпфированные системы; например, соединенные последовательно системы с многими степенями свободы с демпфированием, как показано на рис. 10. В этом случае колебания, вызванные воздействием удара в одной внешней системе, могут привести к повреждению внутренней системы в результате возникновения связанных резонансных явлений. Эти явления могут быть описаны системой спектров удара высшего порядка, действительных для данных комбинаций резонансных частот упругих подсистем.

Если резонансные частоты последовательно соединенных систем значительно отличаются друг от друга, то спектр удара первого порядка дает приемлемую возможность сравнения потенциальной разрушающей способности ударов различных форм импульса.

Наивысшее ускорение внутренних масс достигается при возбуждении резонансов во время воздействия импульса. В этом случае возникающие колебания ускорения накладываются на ускорение самого импульса. Следовательно, как видно из разд. В3, наибольшая опасность повреждения в этой связи будет при наименьшей длительности нарастания импульса.

Обычно демпфирование снижает отклик на средних частотах во время действия импульса и на средних и высоких частотах после действия импульса. Демпфирование уменьшает как амплитуду, так и длительность колебаний и тем самым заметно снижает отклик любых внутренних систем. В силу вышеизложенного опасность повреждения вследствие удара обычно меньше для систем с демпфированием колебаний, чем для систем с малым демпфированием, особенно для систем с большим числом степеней свободы. Спектры удара недемпфированных систем представляют собой наиболее худшие случаи.

Следовательно, ударный спектр ускорения не описывает полностью опасность разрушения, вызванного воздействием удара. Тем не менее, это упрощенное представление дает возможность выбрать определенную форму ударного импульса для конкретного случая.

Перед сравнением спектров удара точные испытания на воздействие удара должны оцениваться по степени влияния более продолжительных колебаний отклика, представленных остаточными спектрами и сравниваемых с кратковременными колебаниями отклика, представленными начальными спектрами. Оценка должна исходить из наиболее вероятных видов повреждения.

В3. Ударные спектры номинальных форм импульса

Ударные спектры ускорения рекомендуемых номинальных форм импульсов представлены на рис. 5, 6 и 7.

Форма спектров для любой данной формы импульса не зависит от длительности импульса вследствие применения неразмерной шкалы. Нормализованная частотная шкала fD позволяет определять частотные шкалы для любой длительности D. Обобщенная шкала откликов $a_{макс}/A$ позволяет определить уровень ускорения для любого пикового значения A.

Начиная с низких частот и до $fD < 0{,}2$, начальные спектры примерно одинаковы, в то время как остаточные спектры почти пропорциональны изменению скорости импульса. Это является причиной дополнительного допуска на изменение скорости. У трапецеидальной формы импульса имеет место наибольшее изменение скорости для данного максимального ускорения и длительности.

В диапазоне промежуточных частот $0{,}2 \le fD \le 10$ начальный спектр имеет различный уровень отклика, который, в основном, зависит от времени нарастания импульса. У пилообразной формы импульса самое большое время нарастания (рис. 5) и самый низкий отклик для данной амплитуды импульса; у трапецеидального импульса, как видно из рис. 7, самый высокий отклик для данной амплитуды вследствие малого времени нарастания и плоской вершины, что позволяет даже колебаниям низкой частоты достигнуть максимума, прежде чем произойдет спад амплитуды импульса. Остаточный спектр пилообразного импульса имеет относительно высокий уровень, а его кривая достигает первого нулевого значения приблизительно при $fD = 10$. Частота нулевого значения остаточного спектра зависит от соотношения времени нарастания и спада, причем частота увеличивается при увеличении крутизны спада пилообразного импульса. Остаточные спектры полусинусоидального и трапецеидального импульсов имеют повторяющиеся нулевые значения, начиная с относительно низких частот, приблизительно с $fD = 1$. Это обусловлено симметрией этих импульсов и является большим недостатком с точки зрения воспроизводимости испытаний. Наибольшие изменения в длительности импульса или его симметрии могут вызвать значительные изменения в остаточном отклике и дают различные результаты испытаний.

На высоких частотах начальные спектры стремятся к $a_{макс}/A = 1$, а остаточные — к нулю. Это поясняется тем, что масса на очень жесткой пружине точно следует за нарастанием ускорения импульса возбуждения. Данное положение справедливо для всех форм импульса, имеющих конечное время нарастания и спада.

В4. Влияние пульсаций

Колебательные системы с малым демпфированием или без демпфирования очень чувствительны к пульсации. Пример влияния пульсации на ударный спектр полусинусоидального импульса показан на рис. 11. Сигнал пульсаций частотой 460 Гц и амплитудой 50 $м \cdot с^{-2}$ (5 g_n) наложен на полусинусоидальный импульс с номинальным ускорением 500 $м \cdot с^{-2}$ (50 g_n) и длительностью 11 мс (пульсация 10 %, $Q = 5$) и по окончании действия импульса пульсация затухает с коэффициентом демпфирования 10 %.

Этот суммарный сигнал воспроизводит теоретический импульс, подобный тому, который можно получить на ударных установках. Влияние пульсаций, как можно видеть, особенно значительно на остаточный спектр. При увеличении пульсации до 20 % увеличивается максимальное значение пика приблизительно до $a_{макс}/A = 4$. В силу вышеизложенного пульсации по возможности следует избегать, чтобы сохранить воспроизводимость испытаний.

Влияние пульсаций в низкочастотном диапазоне (где $fD < 0{,}2$) незначительное. В диапазоне более высоких частот (где $fD \ge 0{,}2$) имеются пики на частоте пульсации, причем отклик увеличивается на более высоких частотах и стремится к постоянной амплитуде пульсации. Пульсация всегда оказывает бóльшее влияние на остаточный спектр, чем на начальный. Начальный спектр для форм импульса с малым временем нарастания (трапецеидальный импульс) чувствителен только к пульсации на высокой частоте. Начальный спектр пилообразного импульса очень чувствителен к пульсации по всему диапазону промежуточных и высоких частот.

Пульсация, которая слабо деформирована, имеет место в течение большого периода времени после окончания импульса и может значительно влиять на остаточный спектр.

При избыточной пульсации результаты испытаний на воздействие удара могут резко отличаться от результатов, полученных при испытаниях, при которых пульсация находится в пределах допусков. Предполагается, что допуски в зоне номинальных форм импульсов должны включать в себя допустимую пульсацию так же, как и другие искажения формы.

В5. Воспроизведение воздействий различных ударных импульсов одиночным

Рекомендуемые ударные импульсы предназначены не для воспроизведения ударов, встречающихся на практике, а для воспроизведения реакций внешних окружающих воздействий. Для испытаний на воздействие удара необходимо рассмотрение спектров удара в реальных окружающих внешних условиях. Однако, эти сведения ограничены и сведены к статическому распределению пиковых ускорений или к вычислению предполагаемого уровня ускорения.

Часто возможно воспроизвести эффект воздействия нескольких ударов различной пиковой амплитуды и изменяющейся длительности одним ударным воздействием.

Графики на рис. 12 дают возможность сравнить спектры отклика ряда полусинусоидальных импульсов со спектрами отклика одиночного импульса треугольной формы с более высоким уровнем ускорения.

На графике видно значительное перекрытие спектра ряда полусинусоидальных импульсов пилообразным импульсом с несколько бóльшей амплитудой.

ПРИЛОЖЕНИЕ С
Рекомендуемое

СРАВНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ИСПЫТАНИЙ НА ВОЗДЕЙСТВИЕ УДАРНЫХ НАГРУЗОК

Испытание Ea и руководство. Одиночный удар (МЭК 68-2-27) (ГОСТ 28213)	Предназначено для воспроизведения воздействий неповторяемых ударов, которые могут иметь место в процессе транспортирования или эксплуатации элементов и аппаратуры
Испытание Eb и руководство. Многократные удары (МЭК 68-2-29) (ГОСТ 28215)	Предназначено для воспроизведения воздействий повторяющихся ударов, которые могут иметь место в процессе транспортирования аппаратуры или элементов или когда последние установлены на различных видах транспортных средств
Испытание Ec. Падение и опрокидывание, предназначенное, в основном, для аппаратуры (МЭК 68-2-31) (ГОСТ 28217)	Испытание, предназначенное для оценки устойчивости аппаратуры к воздействию ударов или толчков при ремонтных работах или для оценки небрежной установки на рабочий стол или верстак
Испытание Ed. Свободное падение (МЭК 68-2-32) (ГОСТ 28218) Метод 1 — Свободное падение	Испытание, предназначенное для оценки воздействий падений, которые могут иметь место в результате небрежного обращения. Испытание может также применяться для определения степени прочности
Испытание Ed. Свободное падение (МЭК 68-2-32) (ГОСТ 28218) Метод 2. Свободное падение, повторяемое	Предназначено для воспроизведения воздействий повторяемых ударов, которым могут подвергаться определенные виды образцов, например, соединители
Испытание Ee и руководство. Транспортная тряска (МЭК 68-2-55)*	Предназначено для имитации условий случайных ударов, воздействующих на образцы, которые могут перевозиться незакрепленными колесным транспортом, двигающимся по пересеченной местности

Испытание на воздействие одиночного и многократных ударов проводится на образцах, закрепленных на испытательной установке. Испытание на воздействие падения и опрокидывания, свободного падения и транспортной тряски проводится на незакрепленных образцах.

Обозначения к рис. 1, 2 и 3

— — — номинальный импульс;

——— пределы допусков;

D — длительность номинального импульса;

A — пиковое ускорение номинального импульса;

T_1 — минимальное время, в течение которого импульс должен контролироваться для ударов, генерируемых на обычной ударной установке;

T_2 — минимальное время, в течение которого импульс должен контролироваться для ударов, генерируемых с помощью виброгенератора

Пилообразный импульс с пиком на конце

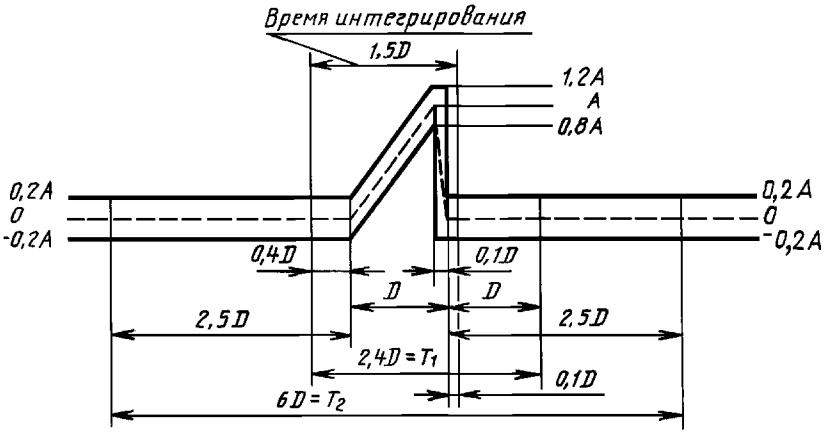


Рис. 1

* Разработка государственного стандарта не предусмотрена.

Полусинусоидальный импульс

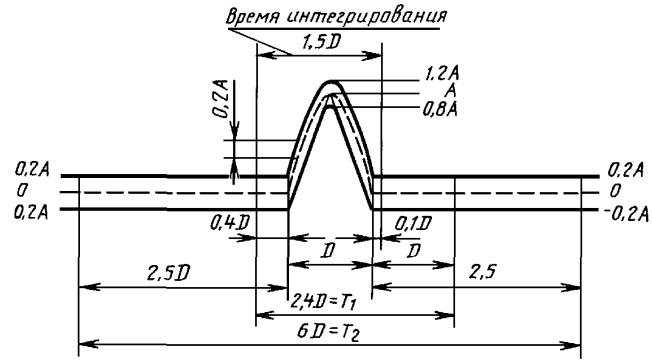


Рис. 2

Трапецеидальный импульс

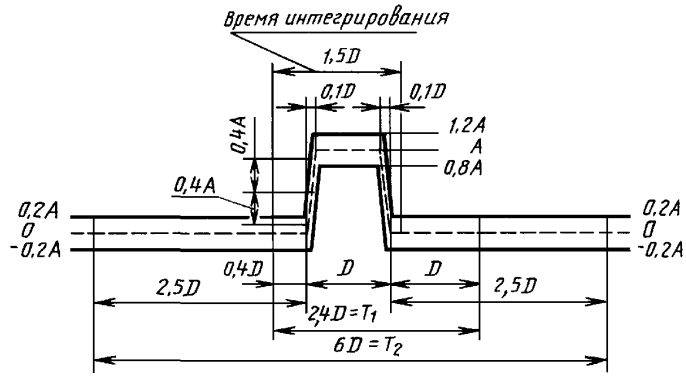


Рис. 3

Частотная характеристика измерительной системы

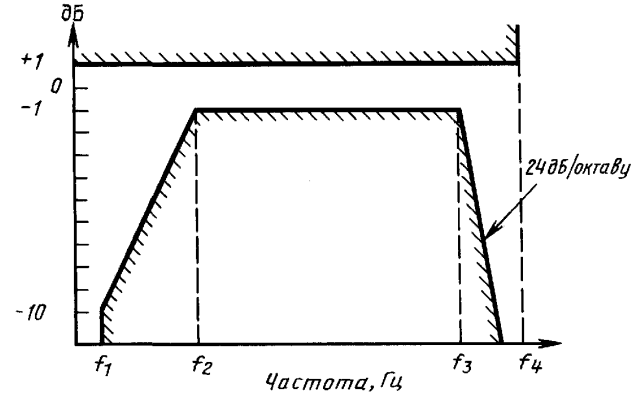
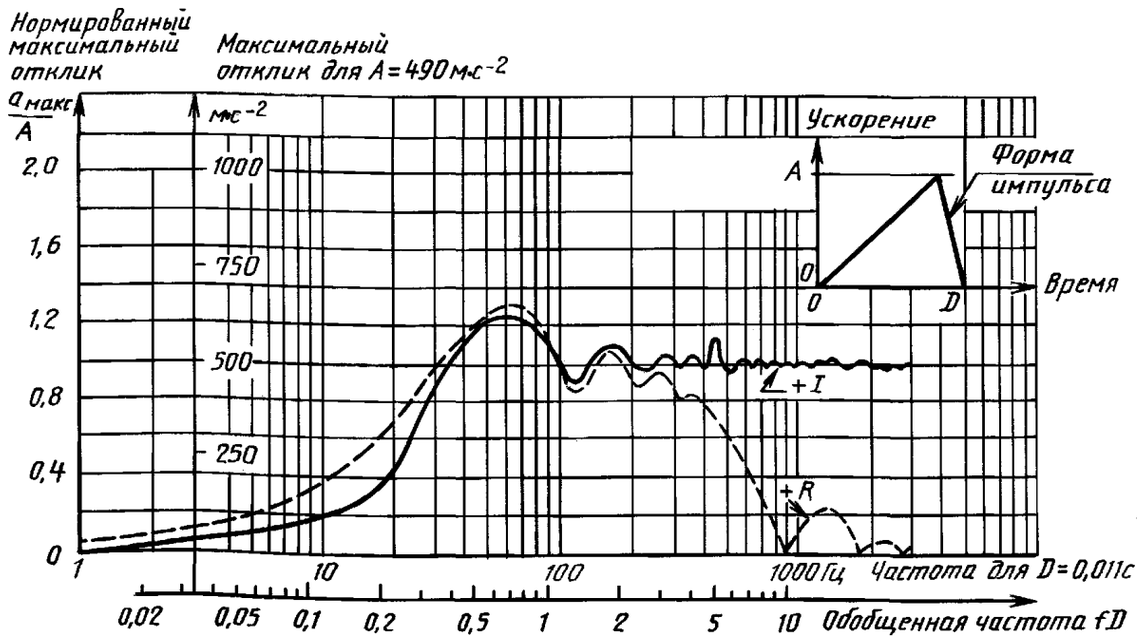


Рис. 4

Длительность импульса, мс	Нижняя частота среза, Гц		Верхняя частота среза, кГц	Частота, выше которой отклик может увеличиваться более плюс 1 дБ, кГц
	f_1	f_2	f_3	f_4
0,2	20	120	20	40
0,5	10	50	15	30
1	4	20	10	20
3	2	10	5	10
6	1	4	2	4
11	0,5	2	1	2
18 и 30	0,2	1	1	2

Примечание. Для ударов длительностью, равной или меньше 0,5 мс, значения частот f_3 и f_4 могут быть без необходимости слишком высокими. В этом случае в соответствующей НТД может быть указано использование других значений этих частот.

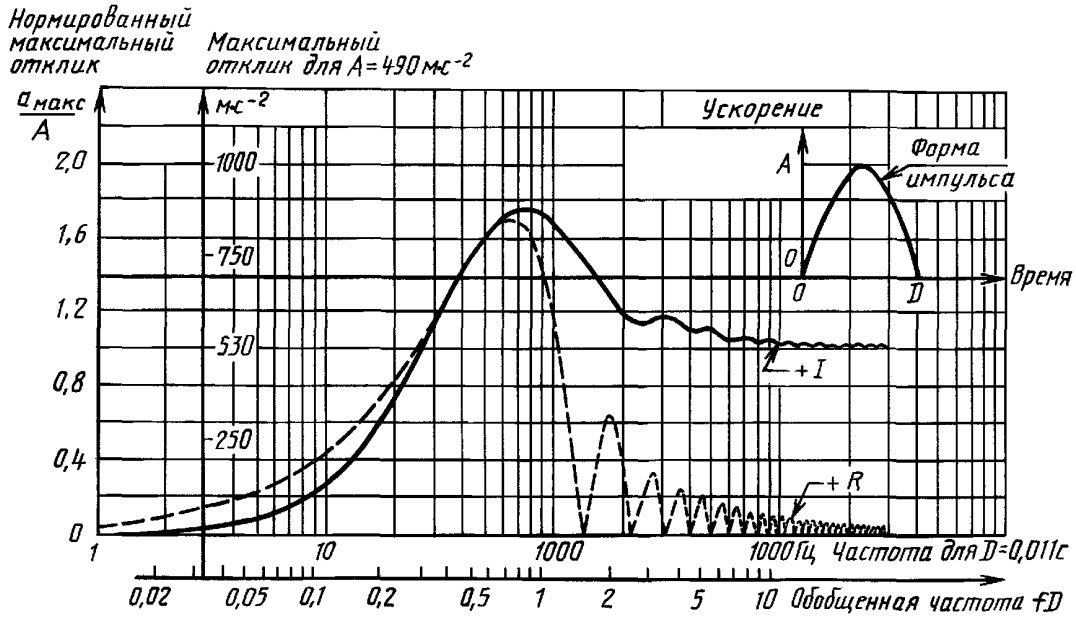
Ударный спектр пилообразного импульса с пиком на конце



I — начальный; *R* — остаточный

Рис. 5

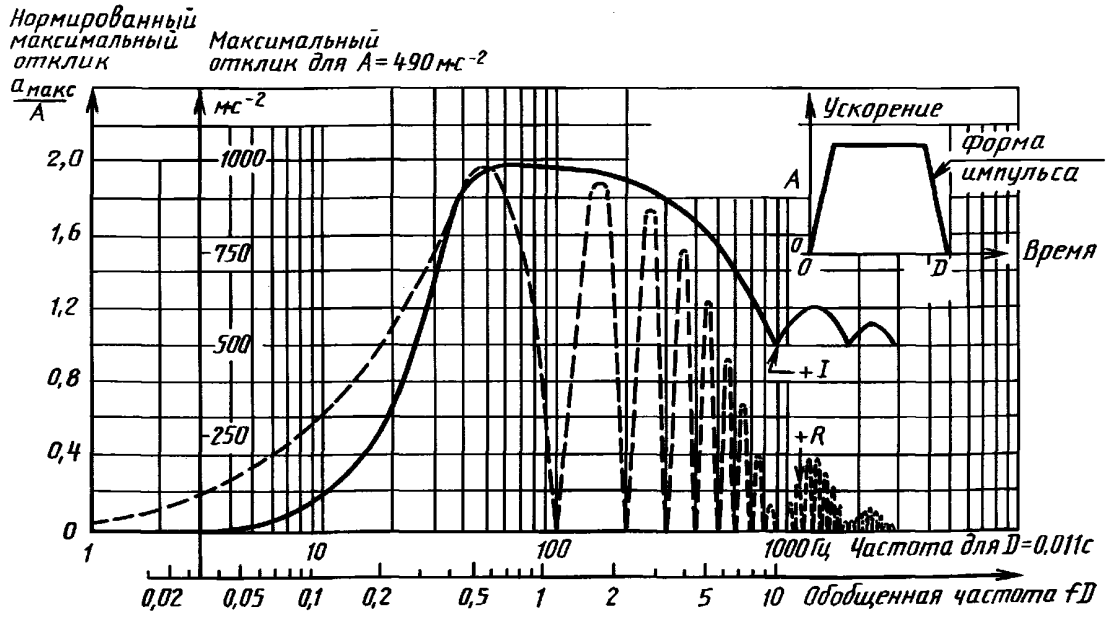
Ударный спектр симметричного полусинусоидального импульса



I — начальный; *R* — остаточный

Рис. 6

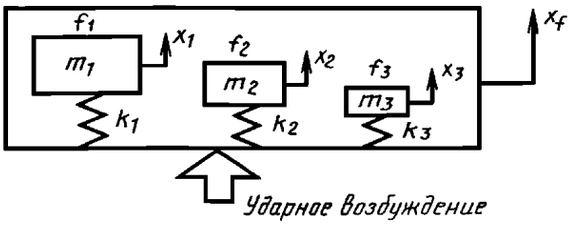
Ударный спектр симметричного трапецеидального импульса



I — начальный; *R* — остаточный

Рис. 7

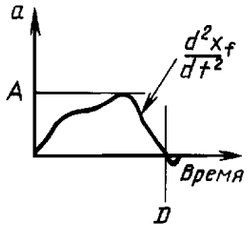
Корпус или блок, содержащий колебательные системы с частотами f_1, f_2, f_3, которые являются примерами резонансных частот



Обозначения:
m — масса;
k — постоянная пружины;
x — смещение относительно фиксированной системы координат

Рис. 8

Возбуждающий импульс



Обозначения к рис. 9а, 9б, 9с:
a — ускорение;
A — величина пикового ускорения для возбуждающего импульса;
D — длительность возбуждающего импульса;
$a_{макс}$ — экстремальные значения отклика ускорения;
$+I$ — положительный начальный ударный спектр;
$+R$ — положительный остаточный ударный спектр;
$-I$ — отрицательный начальный ударный спектр;
$-R$ — отрицательный остаточный ударный спектр

Рис. 9а

Отклики для резонансных частот

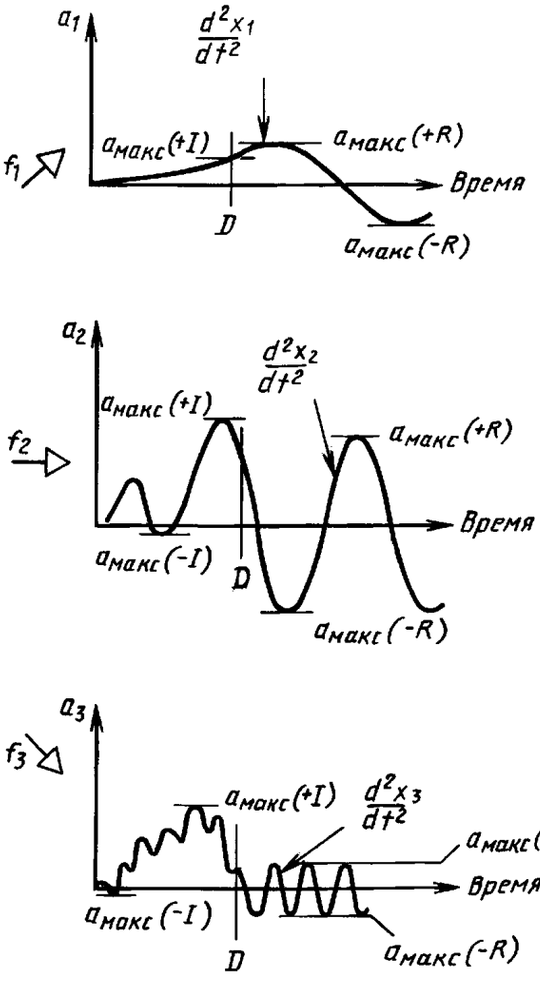


Рис. 9б

Спектры, которые получаются в результате откликов системы, имеющей бесконечное число резонансных частот. Частоты f_1, f_2, f_3 показаны как конечные точки на непрерывных кривых

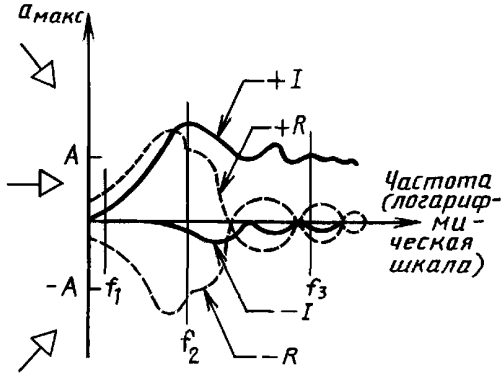


Рис. 9с

Корпус, в котором находится система с затухающими колебаниями с большим количеством степеней свободы

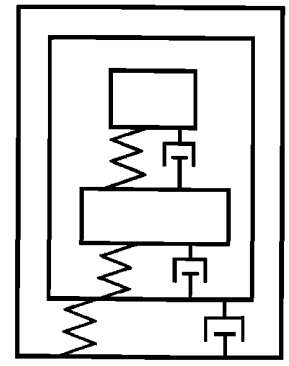
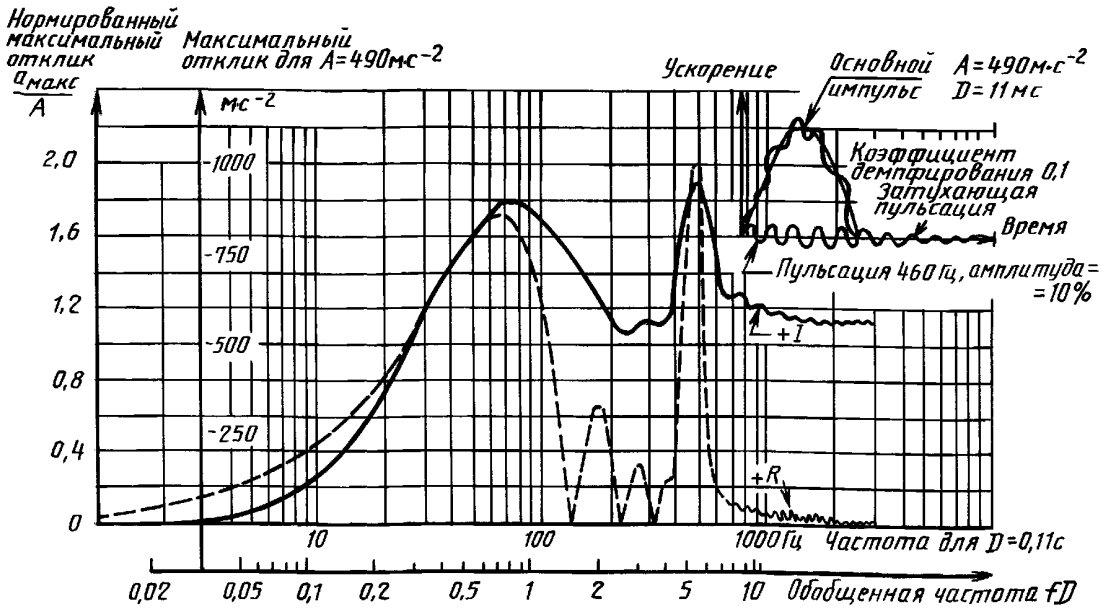


Рис. 10

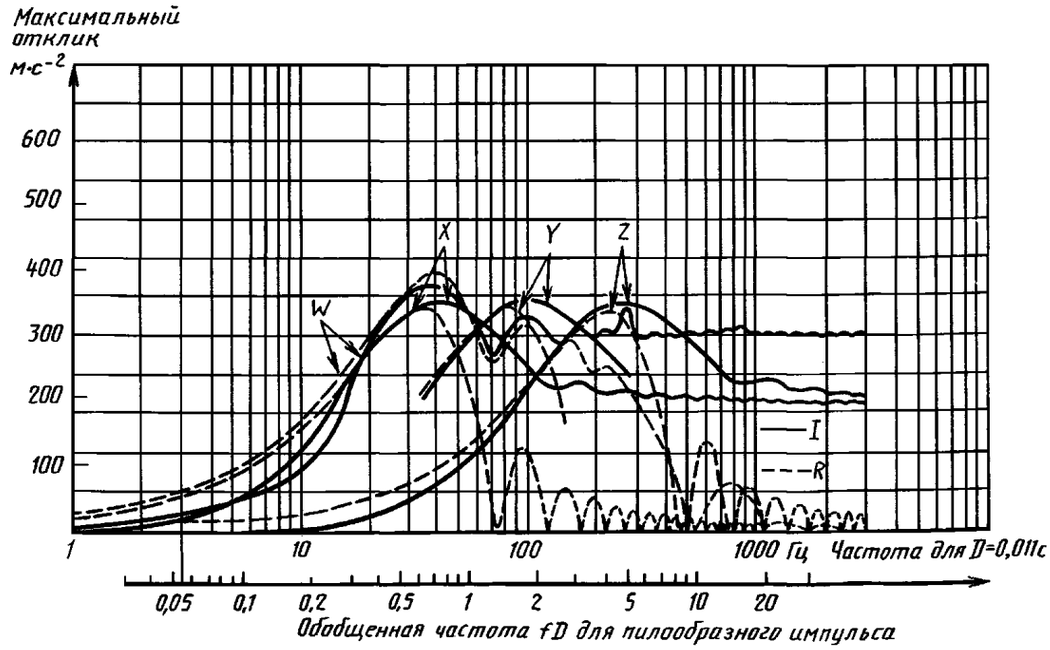
Ударный спектр полусинусоидального импульса с пульсацией



I — начальный; *R* — остаточный

Рис. 11

Ударный спектр пилообразного импульса с пиком на конце длительностью 18 мс амплитудой 300 м · с$^{-2}$, сравниваемый со спектрами полусинусоидальных импульсов амплитудой 200 м · с$^{-2}$, длительностью от 3 до 20 мс



I — начальный;
R — остаточный;
W — пилообразный импульс с пиком на конце 300 м · с$^{-2}$ длительностью 18 мс;
X — полусинусоидальный импульс 200 м · с$^{-2}$ длительностью 20 мс;
Y — полусинусоидальный импульс 200 м · с$^{-2}$ длительностью 8 мс;
Z — полусинусоидальный импульс 200 м · с$^{-2}$ длительностью 3 мс

Рис. 12

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

1. **Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 15.08.89 № 2558 введен в действие государственный стандарт СССР ГОСТ 28213—89, в качестве которого непосредственно применен стандарт Международной Электротехнической Комиссии МЭК 68-2-27—87, с 01.03.90**

2. **ССЫЛОЧНЫЕ НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ДОКУМЕНТЫ:**

Обозначение отечественного нормативно-технического документа, на который дана ссылка	Обозначение соответствующего стандарта	Раздел, подраздел, пункт, в котором приведена ссылка
ГОСТ 28198—89	МЭК 68-1—88	Разд. 2, 3
ГОСТ 28213—89	МЭК 68-2-27—87	Приложение С
ГОСТ 28215—89	МЭК 68-2-29—87	Приложения А, С
ГОСТ 28217—89	МЭК 68-2-31—69	Приложение С
ГОСТ 28218—89	МЭК 68-2-32—75	Приложение С
ГОСТ 28231—89	МЭК 68-2-47—82	п. 4.3
—	МЭК 68-2-55—87	Приложение С

3. **Замечания к внедрению ГОСТ 28213—89**

Техническое содержание стандарта МЭК 68-2-27—87 «Основные методы испытаний на воздействие внешних факторов. Часть 2. Испытания. Испытание Еа и руководство: Одиночный удар» принимают для использования и распространяют на изделия электронной техники народно-хозяйственного назначения

4. **ПЕРЕИЗДАНИЕ. Август 2006 г.**

Редактор *М.И. Максимова*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *В.И. Варенцова*
Компьютерная верстка *В.И. Грищенко*

Сдано в набор 03.08.2006. Подписано в печать 02.10.2006. Формат 60×84 1/8. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать офсетная. Усл. печ. л. 2,79. Уч.-изд. л. 2,20. Тираж 55 экз. Зак. 695. С 3331.

ФГУП «Стандартинформ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru
Набрано во ФГУП «Стандартинформ» на ПЭВМ.
Отпечатано в филиале ФГУП «Стандартинформ» — тип. «Московский печатник», 105062 Москва, Лялин пер., 6

gost.e-ecolog.ru