ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 53166— 2008 (МЭК 60721-2-6: 1990)

Воздействие природных внешних условий на технические изделия. Общая характеристика

ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ

IEC 60721-2-6:1990
Classification of environmental conditions — Part 2: Environmental conditions appearing in nature — Earthquake vibration and shock
(MOD)

Издание официальное

БЗ 12—2007/420

Москва
Стандартинформ
2009

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», а правила применения национальных стандартов Российской Федерации — ГОСТ Р 1.0—2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Основные положения»

Сведения о стандарте

1 ПОДГОТОВЛЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 341 «Внешние воздействия» на основе собственного аутентичного перевода стандарта, указанного в пункте 4

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 341 «Внешние воздействия»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 18 декабря 2008 г. № 605-ст

4 Настоящий стандарт является модифицированным по отношению к международному стандарту МЭК 60721-2-6:1990 «Классификация внешних условий. Часть 2. Природные внешние условия. Вибрация и удар землетрясений» (IEC 60721-2-6:1990 «Classification of environmental conditions — Part 2: Environmental conditions appearing in nature — Earthquake vibration and shock») с дополнениями, отражающими потребности национальной экономики (выделены курсивом): уточнением области применения стандарта; введением нового понятия «количественные шкалы интенсивности» и его описания; уточнением описания спектра ответа; введением и описанием понятия «спектр воздействия»; характеристикой стандартов, устанавливающих требования к сейсмостойкости изделий и методам испытаний на сейсмостойкость, и их положительными отличиями от международных.

Наименование настоящего стандарта изменено относительно наименования указанного международного стандарта для проведения в соответствие с ГОСТ Р 1.5—2004 (пункт 3.5)

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты», а текст изменений и поправок — в ежемесячно издаваемых информационных указателях «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ежемесячно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет

© Стандартинформ, 2009

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины и определения 2
4 Общие положения 3
5 Сейсмические шкалы 4
6 Описание сейсмического воздействия с помощью спектра ответа 7
7 Спектр воздействия 12
8 Карта зон землетрясений 12
9 Группа стандартов в части сейсмостойкости технических изделий 14
Приложение А (справочное) Пояснения к некоторым терминам 14
Приложение В (справочное) Краткое содержание Шкалы сейсмической интенсивности MSK-64 . . 15
Приложение С (справочное) Группа стандартов в части сейсмостойкости технических изделий . 16
Приложение D (справочное) Аутентичный текст пунктов (абзацев) МЭК 60721-2-6:1990, уточненных и измененных в тексте настоящего стандарта для потребностей национальной экономики 17
Библиография 18

Введение

Настоящий стандарт входит в комплекс стандартов, определяющих требования к машинам, приборам и другим техническим изделиям в части внешних воздействующих факторов.

Настоящий стандарт относится к группе стандартов, описывающих природные внешние условия в справочной форме, пригодной для установления конкретных требований к техническим изделиям; эти требования нормированы в других стандартах указанного комплекса.

Настоящий стандарт является модифицированным по отношению к международному стандарту МЭК 60721-2-6:1990 «Классификация внешних условий. Часть 2. Природные внешние условия. Вибрация и удар землетрясений» с дополнениями, указанными в предисловии.

Стандарты МЭК, устанавливающие условия эксплуатации, транспортирования и хранения изделий, объединены Публикацией МЭК 60721 «Классификация внешних условий», состоящей из трех частей:

60721-1 «Внешние параметры и их жесткости»;

60721-2 «Природные внешние условия». Эта часть состоит из нескольких стандартов — глав, обобщающих сведения о действии различных климатических факторов;

60721-3 «Классификация групп внешних параметров и их жесткостей». Эта часть состоит из нескольких стандартов — глав для различных групп изделий (защищенных и не защищенных от воздействия наружного климата стационарных изделий, а также переносных, передвижных наземных и судовых, транспортируемых, хранящихся), устанавливающих климатические классы условий эксплуатации, их привязку к типам климатов по МЭК 60721-2-1[1)], а также классы по воздействию других видов внешних факторов (например, механическому, биологическому и воздействию агрессивных сред).

Стандарты МЭК серии 60721 (последние издания) устанавливают требования к изделиям в зависимости от условий их эксплуатации, транспортирования и хранения. До разработки стандартов МЭК серии 60721 подобные требования были установлены стандартами испытаний, например серии 60068, в виде параметров испытательных режимов в отрыве от условий эксплуатации.

Однако, несмотря на принципиально правильный подход к требованиям в части внешних воздействующих факторов, стандарты МЭК в конкретных технических решениях обладают рядом недостатков, что требует их корректировки.

Эти недостатки являются одной из причин того, что указанные стандарты МЭК пока не использованы соответствующими техническими комитетами МЭК для введения в стандарты МЭК на группы изделий (из серии 60721 не введен практически ни один, стандарты МЭК серии 60068 не введены в стандарты на сильноточные и крупногабаритные изделия).

Таким образом, в настоящее время невозможно полное использование стандартов МЭК по внешним (и, в частности, по климатическим) воздействиям в качестве национальных и межгосударственных стандартов стран Содружества независимых государств.

Настоящая часть МЭК 60721 предназначена для использования как основополагающий материал при выборе требуемых жесткостей параметров, относящихся к землетрясениям, применительно к техническим изделиям.

[1)] Стандарт МЭК 60721-2-1:2002 «Классификация внешних условий. Часть 2. Природные внешние условия. Температура и влажность» (IEC 60721-2-1:2002 «Classification of environmental conditions — Part 2: Environmental conditions appearing in nature — Temperature and humidity»); соответствие между типами климатов по МЭК 60721-2-1 и типами климатов и макроклиматов — по ГОСТ 15150—69, приложение 12.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Воздействие природных внешних условий на технические изделия. Общая характеристика

ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ

Influence of environmental conditions appearing in nature on the technical products. Overall performance. Earthquakes

Дата введения — 2009—07—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на машины, приборы и другие технические изделия всех видов (далее — изделия). Настоящий стандарт устанавливает описание явления землетрясения как природного внешнего фактора и приводит способы преобразования этого описания применительно к возможности установления требований к сейсмостойкости изделий и к методам испытаний изделий на сейсмостойкость.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 15150—69 Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды

ГОСТ 17516.1—90 Изделия электротехнические. Общие требования в части стойкости к механическим внешним воздействующим факторам

ГОСТ 24346—80 Вибрация. Термины и определения

ГОСТ 26883—86 Внешние воздействующие факторы. Термины и определения

ГОСТ 30546.1—98 Общие требования к машинам, приборам и другим техническим изделиям и методы расчета их сложных конструкций в части сейсмостойкости

ГОСТ 30546.2—98 Испытания на сейсмостойкость машин, приборов и других технических изделий. Общие положения и методы испытаний

ГОСТ 30546.3—98 Методы определения сейсмостойкости машин, приборов и других технических изделий, установленных на месте эксплуатации, при их аттестации или сертификации на сейсмическую безопасность

ГОСТ 30631—99 Общие требования к машинам, приборам и другим техническим изделиям в части стойкости к механическим внешним воздействующим факторам при эксплуатации

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодно издаваемому информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим ежемесячно издаваемым информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный стандарт заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться заменяющим (измененным) стандартом. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

Издание официальное

3 Термины и определения

3.1 В настоящем стандарте применены термины, относящиеся к общим понятиям, в областях:

- внешних воздействующих факторов (далее — ВВФ) — по ГОСТ 15150, ГОСТ 26883;

- вибрации — по ГОСТ 24346;

- сейсмостойкости — по ГОСТ 30546.1.

3.2 Термины, используемые в настоящем стандарте, в основном определены в настоящем разделе. *Дополнительные пояснения к этим терминам приведены в приложении А.*

3.2.1

спектр ответа: *Совокупность абсолютных значений максимальных ответных ускорений линейно-упругой системы с одной степенью свободы (осциллятора) при заданном акселерограммой воздействии, определенных в зависимости от собственной частоты и параметра демпфирования осциллятора.*

[ГОСТ 30546.1—98, статья 3.13]

Примечание — Наименование термина в некоторых научных работах — спектр реакции; нормативных документах (до 1990 г.) — «спектр отклика».

3.2.2 ***спектр воздействия:*** *Совокупность абсолютных значений максимальных амплитуд ускорения, скорости или перемещения при соответствующих частотах синусоидальной вибрации, воздействующих на изделие.*

Примечание — Спектр воздействия выражают в форме зависимости между максимальной амплитудой синусоидальной вибрации и частотой.

3.2.3 ***спектр воздействия землетрясения:*** *Спектр воздействия, для которого спектр ответа является спектром ответа акселерограммы землетрясения.*

Примечание — Как правило, спектр воздействия землетрясения базируется на спектре ответа, соответствующем 5 %-ному относительному демпфированию.

3.2.4 ***осциллятор****: Линейно-упругая система с одной степенью свободы, обладающая заданным значением собственной частоты и относительного демпфирования.*

3.2.5 ***Очаг и гипоцентр землетрясения****:*

3.2.5.1 ***очаг [центр] землетрясения:*** *Объем геологической среды, где происходят разрывы пород и сброс накопленных упругих напряжений, в результате чего высвобождается значительное количество энергии, которое обусловливает энергию сейсмических волн и магнитуду землетрясения.*

3.2.5.2 ***гипоцентр [фокус]:*** *Точка начала перемещения разрыва горных пород.*

Примечание — Для практических целей (например, измерение магнитуды, определение количественной интенсивности) в ряде случаев отсутствует необходимость разделения понятий «очаг» и «гипоцентр».

3.2.6 ***эпицентр землетрясения****: Проекция гипоцентра (или очага с учетом 3.2.5.2, примечание) на место на земной поверхности, расположенное непосредственно над гипоцентром (очагом) землетрясения.*

Примечание — Если гипоцентр (очаг) землетрясения находится под дном водного пространства, то эпицентром является соответствующее место на дне водного пространства.

3.2.7 ***стационарный случайный сигнал [воздействие]****: Сигнал [воздействие], основные параметры которого (например, амплитуда — ее среднее значение и дисперсия, спектр) остаются неизменными в течение всего промежутка времени наблюдения.*

3.2.8 ***магнитуда землетрясения:*** *Условная количественная величина для сравнительной оценки выделившейся в очаге землетрясения общей энергии, представляющая собой десятичный логарифм амплитуды максимального колебания грунта, записанного на сейсмограмме, при прохождении сейсмической волны определенного типа с вводом стандартной поправки на расстояние до очага и на типы породы по пути прохождения волны.*

4 Общие положения

Воздействие землетрясений представляет собой вибрации, которые могут быть смоделированы как случайные процессы и могут влиять на изделия, вызывая напряжения различных видов.

В настоящем разделе приведена информация о характеристике землетрясений и о динамических свойствах изделий во время землетрясений. Приведенные числовые значения являются типовыми и иллюстративными. Их не следует использовать в качестве конкретных требований.

Примечание — В МЭК 60721-2-6 данные об ускорениях приведены для свободной поверхности Земли; уточнения, относящиеся к сооружениям, представлены только в самом общем виде. В настоящем стандарте эти данные более полные и конкретные.

4.1 Происхождение и распространение землетрясений

Землетрясения возникают тогда, когда напряжение в глубинах земной коры возрастает до степени, вызывающей ее разрыв. Эти явления происходят в районах, известных в качестве зон сейсмической активности, имеющих такие географические особенности, как океанические подводные горные гряды, горные цепи, вулканы, океанические хребты, тектонические разломы.

Внезапный разрыв высвобождает потенциальную энергию деформации, которая распространяется от очага землетрясения в форме трех типичных основных волн (с различными скоростями):

- продольных объемных волн, вызывающих сжатие и расширение породы в направлении распространения волн;
- поперечных волн, вызывающих сдвиг породы в направлении, перпендикулярном к направлению распространения волн;
- поверхностных волн, являющихся комбинацией двух предыдущих и приводящих к возникновению сейсмических воздействий на поверхности Земли.

Примечание — Если эпицентр землетрясения находится на дне крупного водного пространства (моря, океана), то энергия деформации может вызвать появление новых мощных водяных волн высотой до нескольких метров, распространяющихся по поверхности водного пространства с большой скоростью; при подходе к берегу такая волна образует огромную стену прибоя большой разрушительной силы (цунами).

4.2 Последствия землетрясений

Землетрясения вызывают случайные перемещения грунта, которые характеризуются последовательными, но статистически независимыми горизонтальной и вертикальной составляющими. Умеренное землетрясение (как правило) может продолжаться от 15 до 30 с; сильное землетрясение — от 60 до 120 с; жесткая часть землетрясения с наибольшим ускорением Земли — до 10 с.

Максимальная энергия типичного широкополосного случайного колебания находится в пределах частот от 1 до 30—35 Гц, причем наиболее разрушительные эффекты наблюдаются при частотах от 1 до 10 Гц.

Примечание — При проектировании значение максимального ускорения используют для расчета нагрузок в одном направлении.

4.3 Фундаменты изделий

В типичном широкополосном спектре, описывающем перемещение земной поверхности, преобладают кратные частоты. Вибрация при перемещении земной поверхности (как горизонтальная, так и вертикальная) может быть усилена в фундаментах изделий. Для любого данного перемещения земной поверхности степень усиления зависит от частотной характеристики вибрации системы (грунт, фундамент и изделие) и от механизма демпфирования.

4.4 Изделия в зданиях и сооружениях

Перемещение грунта (главным образом горизонтальное) может быть отфильтровано и усилено на промежуточных конструкциях зданий, на которых возникают отклонения гармонических колебаний пола здания. Типичный узкополосный спектр, описывающий передвижение пола здания, показывает, что

может преобладать одна частота возбуждения. Динамический ответ от закрепленных изделий может достигать ускорения, во много раз превышающего максимальное ускорение Земли, в зависимости от относительного демпфирования и собственных частот системы. Степень усиления и ширина полосы случайного колебания зависят от спектра ответа каждого здания и конструкции изделия.

Исследования значительного числа видов электротехнических изделий показали, что не существует какого-либо узкого диапазона частот, в котором наиболее вероятно наличие резонансов изделий. Предположение относительно наибольшей чувствительности изделий к воздействию землетрясений в диапазоне частот 5 — 8 Гц учитывает только конфигурацию спектра воздействий и не учитывает вероятность наличия собственных частот изделий в этом диапазоне.

5 Сейсмические шкалы

В сейсмологии землетрясения классифицируют с помощью различных шкал, которые могут быть двух видов: шкалы интенсивности и шкалы магнитуды (магнитудные шкалы).

Согласно шкалам интенсивности (например, модифицированной шкале MSK-64 [1] или шкале Меркалли-Канкани-Сиберг [2]) интенсивность землетрясения определяют эмпирическим путем и классифицируют в баллах в соответствии с произведенным им эффектом.

В соответствии с магнитудными шкалами, основанными на зарегистрированных данных, оценивают сейсмическую энергию, высвобождаемую в очаге землетрясения.

Шкалы интенсивности содержат два рода сведений:

- баллы, отражающие качественное описание произведенного землетрясением эффекта (качественные шкалы);

- амплитудные воздействия на свободной поверхности Земли (количественные шкалы). Указанные амплитудные воздействия представлены, как правило, ускорением или, реже, перемещением и скоростью.

Единой общепризнанной шкалы интенсивности в настоящее время не разработано, но применяемые различные качественные шкалы интенсивности не содержат существенных различий.

Магнитудная шкала первоначально (в 1935 г.) была предложена Рихтером [3]. Единой шкалы магнитуды не существует. Имеются различные шкалы магнитуд, в том числе: локальная магнитуда (ML), магнитуда, определенная по поверхностным (MS) и по объемным волнам (mb), по сейсмическому моменту (MW). Более современной энергетической оценкой землетрясений являются моментные магнитуды Mw, обусловленные сдвигом пород в сейсмическом очаге (наибольшими из инструментально зарегистрированных землетрясений были Чилийское землетрясение 22 мая 1960 г. с Mw = 9,5 и Индонезийское землетрясение 26 декабря 2004 г. с аналогичной моментной магнитудой Mw).

Качественные шкалы интенсивности в течение длительного периода времени существовали как единственное описание и классификация интенсивности землетрясения. Затем к ним были добавлены приблизительные описания ускорения свободной поверхности Земли, которые давали приблизительные представления о расчетных и испытательных нагрузках. В связи с необходимостью более точных расчетов сейсмостойкости сооружений и изделий и подтверждения этих расчетов режимами испытаний значениям, приведенным в шкалах ускорений, стали придавать более точный физический смысл.

При разработке количественных описаний в шкалах интенсивности землетрясений (как и при разработке количественных способов классификации других природных явлений, что связано с необходимостью превращения единого непрерывного ряда значений показателей в дискретные группы) необходимо учитывать, по крайней мере, две особенности:

- установление номинальных значений показателей для каждой классификационной группы сопряжено с определенными условностями (например, определение кратности соседних номинальных значений);

- необходимость установления вероятностных параметров номинальных значений, связанных с повторяемостью этих значений в течение определенных периодов времени.

В технической классификации и при увязке баллов качественных шкал с баллами количественных шкал эти особенности учитывали постепенно. В MSK-64 впервые была проведена приблизительная привязка количественного значения ускорений сразу к нескольким баллам качественного описания. Подобная «грубая» привязка до сих пор существует в шкале Меркалли-Канкани-Сиберг. В модифицированной шкале MSK-64 более точные значения ускорений свободной поверхности Земли были привязаны к каждому из значимых баллов качественной шкалы. Наконец, в ГОСТ 30546.1, а ранее

в ГОСТ 17516.1 установлена увязка значений ускорений свободной поверхности Земли с вероятностью появления этих значений для разных периодов времени (интервалов повторяемости землетрясений). При этом были использованы данные из литературных источников [4]).

С учетом указанного в настоящее время значимость применения качественных шкал интенсивности существенно ниже, чем количественных шкал (в особенности для технических изделий и для сейсмостойких строительных сооружений), так как наиболее важным становится определение расчетных и испытательных ускорений, а не описание возможных повреждений. Сами же значения ускорений, приводимые в количественных шкалах, становятся более условными и пригодными только для одного условного сочетания повторяемости землетрясений и срока службы объекта; значения ускорений для других возможных требуемых сочетаний выбирают по другим зависимостям (см., например, ГОСТ 30546.1).

Сравнение шкал интенсивности, в том числе количественных шкал, приведено в таблицах 1 и 2 и приложении В.

Таблица 1 — Уровни интенсивности землетрясения

Модифицированная шкала Меркалли		*Приблизительный уровень ускорения по MSK-64, м/с^2*	*Эффективное пиковое ускорение (ЭПУ) по ГОСТ 30546.1, (см. примечание 2), м/с^2*	Приблизительный уровень ускорения *по модифицированной шкале Меркалли*, м/с^2	Зона сейсмичности, (см. примечание 4)
1	Не ощущается	—	—	2	0
2	Ощущается людьми в состоянии покоя или на верхних этажах				
3	Подвешенные предметы качаются; легкая вибрация				
4	Вибрация как от тяжелого грузовика; окна и посуда дребезжат; качаются стоящие автомобили	—			
5	Чувствуется вне помещения; спящие просыпаются; маленькие предметы падают; висящие картины двигаются	—			1
6	Ощущается всеми; падает фурнитура; разрушения: стеклянные предметы разбиваются, предметы падают с полок, штукатурка лопается	*0,5 (0,3 — 0,6)*			
7	Ощущается в движущихся автомобилях; потеря равновесия в положении стоя; самопроизвольный звон церковных колоколов; разрушения: сломанные трубы и архитектурные украшения, падение штукатурки, сломанная фурнитура, множественные трещины в штукатурке и каменной кладке, некоторые обрушения в глинобитных домах	*1 (0,61 — 1,20)*	*1*	3	2
8	Опасность при управлении движущимся автомобилем; падение веток деревьев; разломы в водонасыщенных грунтах; разрушения: подвесные водные резервуары, монументы, глинобитные дома; ощутимые разрушения средней тяжести: кирпичные конструкции, каркасные дома (без фундамента), ирригационные сооружения, дамбы	*2 (1,21 — 2,40)*	*2*		3 и 4

Окончание таблицы 1

Модифицированная шкала Меркалли		*Приблизительный уровень ускорения по MSK-64, м/с²*	*Эффективное пиковое ускорение (ЭПУ) по ГОСТ 30546.1, (см. примечание 2), м/с²*	Приблизительный уровень ускорения *по модифицированной шкале Меркалли*, м/с²	Зона сейсмичности, (см. примечание 4)
9	«Песчаные воронки» в насыщенных песками городах; обвалы; разломы в Земле; разрушения: неармированная кирпичная кладка; ощутимые разрушения средней тяжести: недостаточно армированные бетонные конструкции, подземные трубопроводы	*4 (2,41 — 4,80)*	*4*	5	3 и 4
10	Широко распространенные обвалы и повреждения грунта; разрушения: мосты, тоннели, некоторые армированные бетонные конструкции; ощутимые разрушения средней тяжести: большинство зданий, дамбы, железнодорожные пути	*Не нормированы*	—		
11	Постоянные разрушения на поверхности Земли				
12	Почти полные разрушения				

Примечания

1 Качественные шкалы Меркалли и MSK-64 практически одинаковы.

2 ЭПУ по ГОСТ 30546.1 приведено для расчетного срока службы L = 50 лет и вероятности непревышения 90 %.

3 В графе «Приблизительный уровень ускорения по MSK-64» в скобках указаны значения, приведенные в первоначальных изданиях, которые впоследствии были заменены значениями, указанными без скобок. Эти последние для 7, 8 и 9 баллов совпадают со значениями, приведенными в [5].

4 Заданная зона обозначает ожидаемый в течение 50-летнего периода уровень интенсивности землетрясений (см. рисунок 6).

Таблица 2 — Приблизительная магнитудная шкала Рихтера

Условное наименование величины событий	*Ориентировочное соотношение величин M и I для мелкофокусных очагов землетрясений*	
	Интервал магнитуд M, по Рихтеру, единицы, в очаге	*Интенсивность I, по шкале MSK-64, баллы, на поверхности*
Слабые	*2,8 — 4,3*	*3 — 6*
Умеренные	*4,3 — 4,8*	*6 — 7*
Сильные	*4,8 — 6,2*	*7 — 8*
Очень сильные	*6,2 — 7,3*	*9 — 10*
Катастрофические	*7,3 — 9,0*	*11 — 12*

Следует учесть, что указанное соотношение ограничено:
- наличием грунтовых или скальных пород в месте размещения;
- глубиной гипоцентра землетрясения;
- продолжительностью активности землетрясения.

При более детальном рассмотрении проблемы воздействия землетрясений на сооружения и изделия может возникнуть необходимость учета различия конфигурации и значений спектров ответа и воздействия для разных условий грунта (например, рыхлого грунта или скалы) и их отличия от спектров ответа и воздействия, обобщенных для всех грунтовых условий. Для технических изделий из-за предпочтительности их универсального применения, в том числе в различных районах, желательно использовать параметры землетрясения, обобщенные для всех грунтовых условий. Поправки для конкретных грунтовых условий данной местности желательно применять только для

конкретных дорогостоящих изделий, используемых для отдельных крупных объектов, размещаемых в конкретной местности.

При выборе степени воздействия землетрясения на конкретные изделия учитывают также конструктивные особенности здания и место расположения изделий в здании (подробнее — приложение В).

6 Описание сейсмического воздействия с помощью спектра ответа

6.0 Общее положение

Воздействие землетрясений представляет собой кратковременный, случайный (нестационарный) колебательный процесс с различными по времени ускорениями. Однако для удобства расчетов и испытаний целесообразно перевести параметры этого нестационарного случайного процесса в параметры эквивалентного гармонического процесса с помощью расчетов спектров ответа.

6.1 Спектр ответа

В спектре ответа максимальные ответы семейства осцилляторов, каждый из которых имеет одну степень свободы с определенным значением вязкого демпфирования, представляют в виде функции от собственной частоты этих осцилляторов, подвергаемых воздействию, вызванному ускорением при движении Земли во время землетрясения.

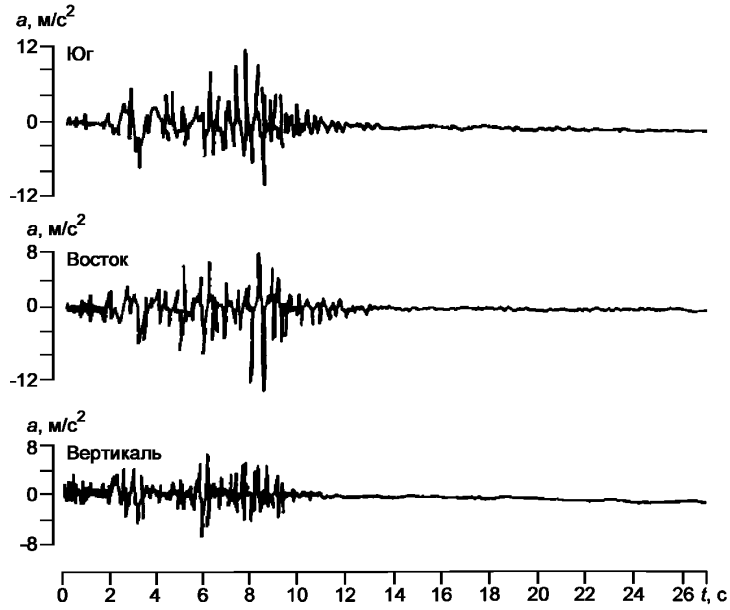
Следует учесть, что спектр ответа не является спектром в его обычном значении.

Как известно, спектр представляет собой расположенный по ряду частот набор приходящихся на каждую частоту значений внешних воздействий или реакций объекта, приходящихся на один и тот же момент времени. Спектр же ответа представляет собой набор приходящихся на каждую частоту значений реакции каждого единичного осциллятора при полном развитии состояния резонанса данного осциллятора от возмущения, действующего на данный осциллятор на его собственной частоте.

Продолжительность достижения состояния полного резонанса зависит от значения относительного демпфирования и от собственной частоты осциллятора.

В связи с этим даже при построении графика зависимости (для одинакового относительного демпфирования) реакции осцилляторов на внешнее воздействие, происходящее в один момент времени, достижение полной реакции каждого осциллятора будет наступать в разное время. Поэтому спектр ответа представляет собой максимально возможную реакцию семейства осцилляторов на единовременные внешние возмущения (по величине, продолжительности и жесткости), но не позволяет определить одномоментную реакцию семейства осцилляторов.

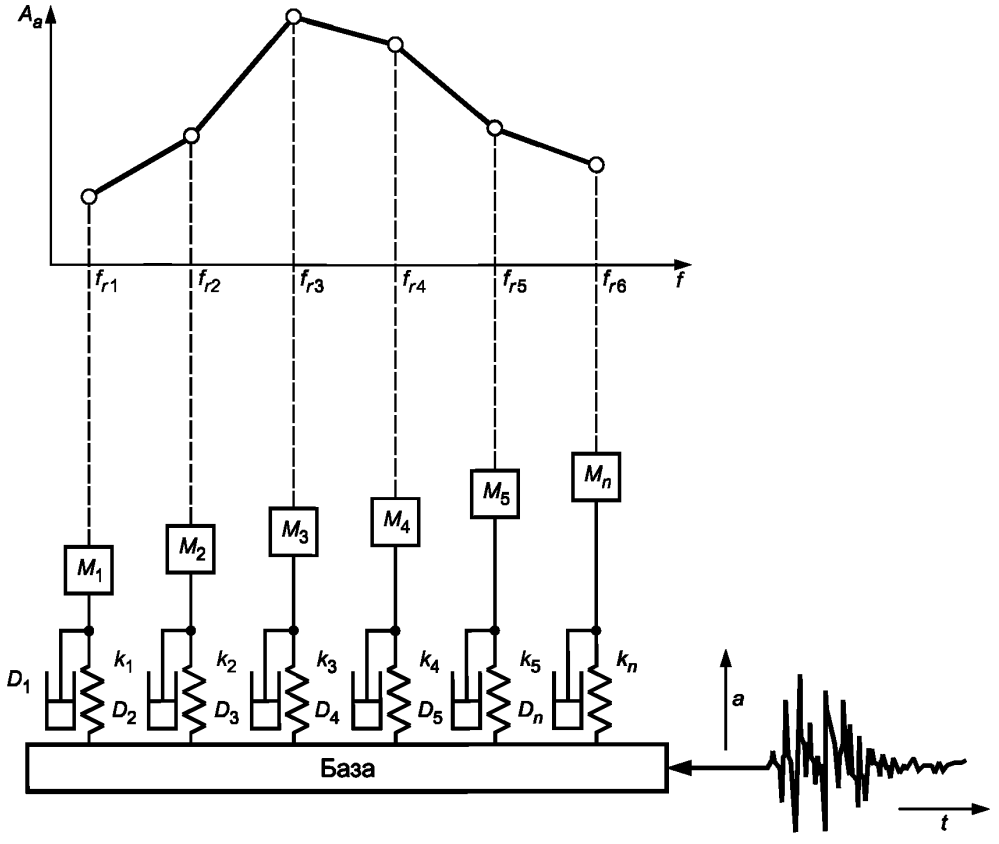
На рисунке 1 приведен пример записи акселерограммы реального землетрясения (в реальном времени, t).



a — первоначальная амплитуда ускорения

Рисунок 1 — Запись ускорений землетрясения в долине Сан Фернандо (1971 г.)

На рисунке 2 приведена модель построения спектра ответа. Зафиксирован ответ (на первоначально воздействующую частоту) осциллятора, обладающего фиксированной собственной частотой f_{ri} (i = 1 до n) и определенным значением демпфирования. В целом амплитуда ответа осциллятора окажется больше, продолжительнее и жестче, чем реально возбужденные для каждого случая на собственной частоте осциллятора амплитуды.



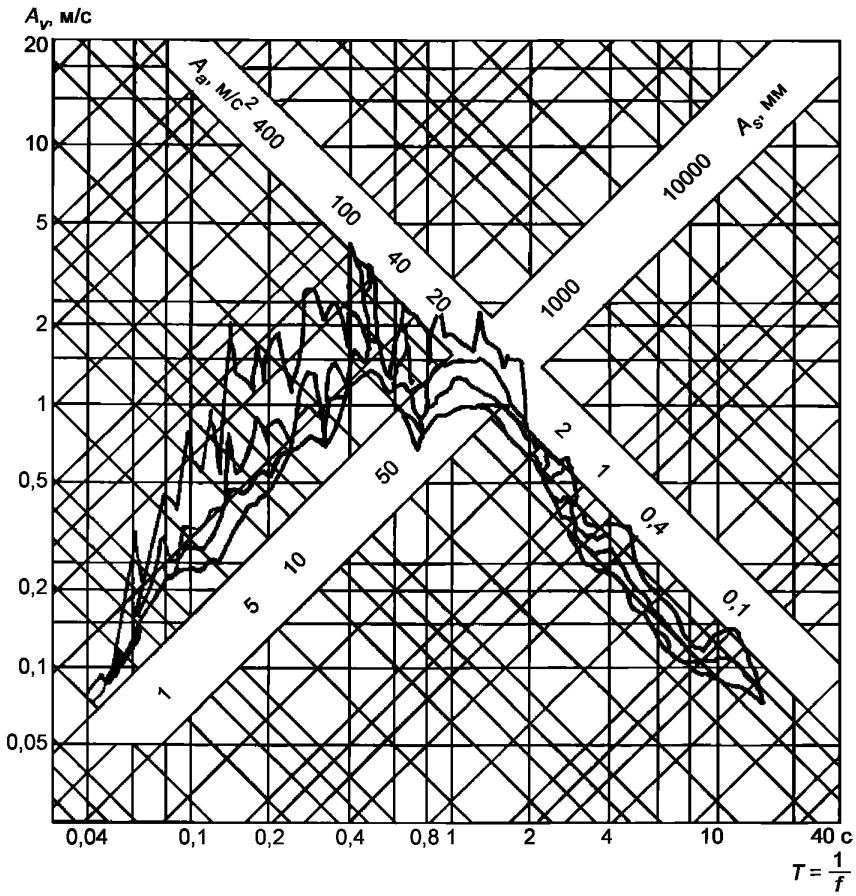
a — первоначальная амплитуда ускорения; A_a — амплитуда спектра ответа; D_i — демпфирование; f_{ri} — собственные частоты различных осцилляторов; f — частота; k_i — жесткость; M_i — масса; t — время

Рисунок 2 — Модель для составления обобщенного спектра ответа

6.2 Обобщенный спектр ответа

Акселерограмму движения свободной поверхности Земли, зафиксированную на участке землетрясения или около участка, используют для установления спектра ответа. Контролируя изменения конфигурации, можно вывести обобщенный спектр ответа, отражающий сейсмическое воздействие землетрясения (рисунок 3).

Достаточное число обобщенных спектров ответа, полученных по результатам различных землетрясений, описывает ожидаемое сейсмическое воздействие для различных районов.



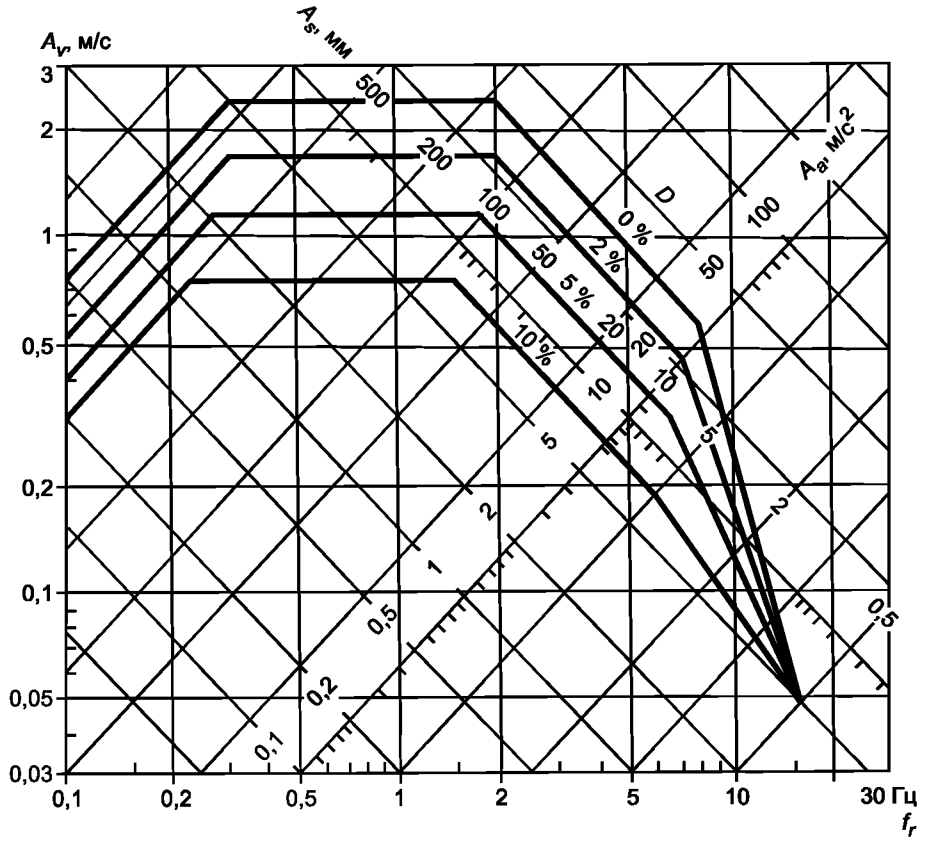
A_a — амплитуда спектра ответа; A_S — амплитуда спектра перемещения; A_V — амплитуда спектра скорости; f — частота; T — продолжительность периода (обратная величина частоты)

Рисунок 3 — Обобщенный спектр ответа для землетрясения в долине Сан Фернандо (1971 г.) для значений относительного демпфирования 0, 2 %, 5 % и 10 % (графики сверху вниз)

Примечание — Соотношения между скоростью, ускорением и перемещением на рисунках 3 и 4 приведены для низких значений относительного демпфирования. Эти соотношения приблизительны, их применяют для сравнения относительного спектра ответа скорости, абсолютного спектра ответа ускорения и относительного спектра ответа перемещения.

6.3 Спектр ответа для требований *к изделиям*

Огибающая для обобщенного спектра ответа представляет собой спектр ответа для требований *к изделиям*, поскольку она определяет пределы требований в части вибрации для изделий, которые в дальнейшем могут быть подвергнуты воздействиям землетрясений в данном районе. С учетом использования различных исполнений изделий для данного района может потребоваться уточнение для некоторых спектров ответа в зависимости от места установки изделия (на конструкции здания, на полу, на оболочке другого изделия и т.д.). На этом спектре (рисунок 4) показаны соотношения между частотой, амплитудой (перемещение, скорость или ускорение) и демпфированием для испытательных целей.



A_a — амплитуда спектра ответа; A_S — амплитуда спектра перемещения; A_V — амплитуда спектра скорости; f — частота

Рисунок 4 — Пример спектра ответа для требований

Примечание — Соотношения между скоростью, ускорением и перемещением на рисунках 3 и 4 приведены для низких значений относительного демпфирования. Эти приблизительные соотношения применяют для сравнения относительного спектра ответа скорости, абсолютного спектра ответа ускорения и относительного спектра ответа перемещения.

На практике применяют более простые и точные, чем на рисунке 1, изображения акселерограмм — рисунок 5 и изображения спектров ответа для требований к изделиям — рисунок 6 (ГОСТ 30546.1).

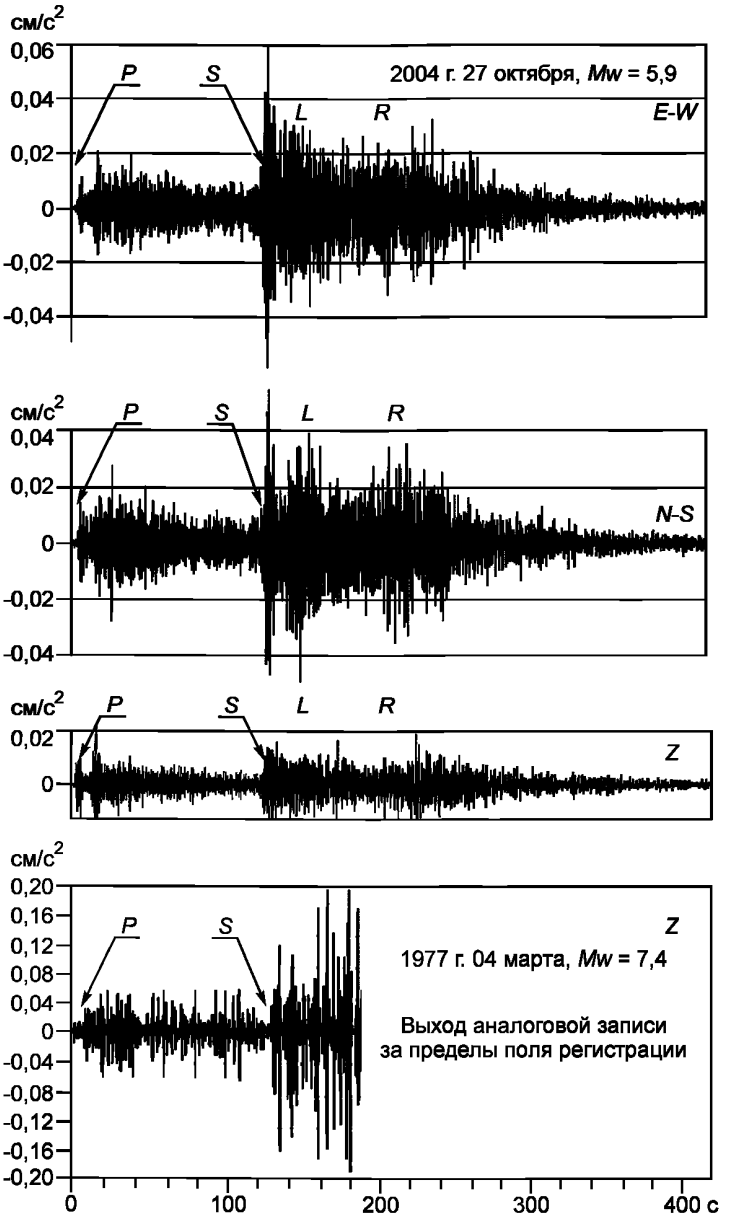


Рисунок 5 — Цифровая трехкомпонентная акселерограмма движений грунта под сейсмостанцией «Москва» во время Вранчского землетрясения 27 октября 2004 г. (магнитуда Mw = 5,9) и фрагмент вертикальной составляющей акселерограммы при самом сильном за последние 60 лет Вранчском землетрясении 4 марта 1977 г. с Mw = 7 ,4 (внизу). Указано время прихода на центральную сейсмическую станцию «Москва» продольных (P), поперечных (S) и поверхностных сейсмических волн Лява (L) и Релея (R). Сейсмометрическая аппаратура станции расположена в подвальном помещении на глубине 4 м от земной поверхности, где E-W — восток — запад; N-S — север — юг; Z — вертикальная составляющая

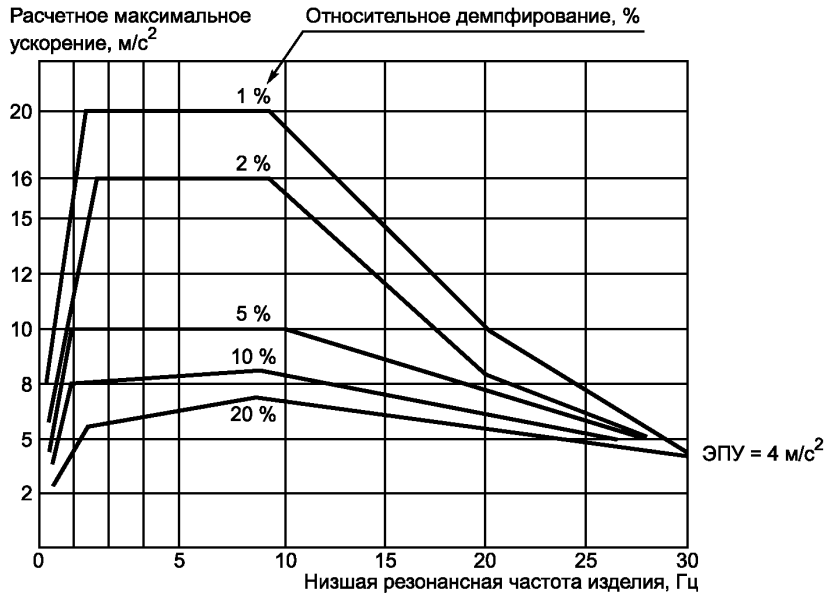


Рисунок 6 — Обобщенные спектры ответа для горизонтального направления, 9 баллов в соответствии с [1] или [2] при нулевой отметке

7 Спектр воздействия

Для удобства расчетов, и особенно расчетов параметров для испытаний технических изделий, воздействие землетрясений представляют в виде спектра воздействия.

Для этого спектр ответа для требований к изделиям, представляющий разномоментные значения ускорений, переводят обратно на одномоментный спектр воздействия гармонической вибрации, эквивалентный воздействию реального колебания, описанного акселерограммой землетрясения. Перевод осуществляют применительно к собственной частоте каждого осциллятора (или осцилляторов, расположенных в характерных точках спектра, например в местах перегиба). Это позволяет сразу определять параметры испытательного режима для наиболее часто применяемого при испытаниях на сейсмостойкость способа воздействия гармонической вибрации.

Это также позволяет сравнивать требования по воздействиям землетрясений с требованиями по воздействиям механических вибраций при эксплуатации (обобщенных в ГОСТ 30631 в виде групп механического исполнения), в результате чего в ряде случаев оказывается возможным не проводить специальных испытаний на сейсмостойкость, если испытаниями ранее подтверждена принадлежность изделий к соответствующей группе механического исполнения.

Примечание — Приведенный в настоящем разделе способ получения спектра воздействия пригоден для любых других случайных колебаний, которые представляют собой стационарный процесс или могут быть рассмотрены как стационарный процесс.

8 Карта зон землетрясений

Различные зоны активности землетрясений, указанные в таблице 1, приведены на карте мира (рисунок 7). *Эта карта является примером сравнительно приблизительного районирования. Для многих регионов разработаны более точные карты с указанием повторяемости землетрясений, например в [6], [7] и [8].*

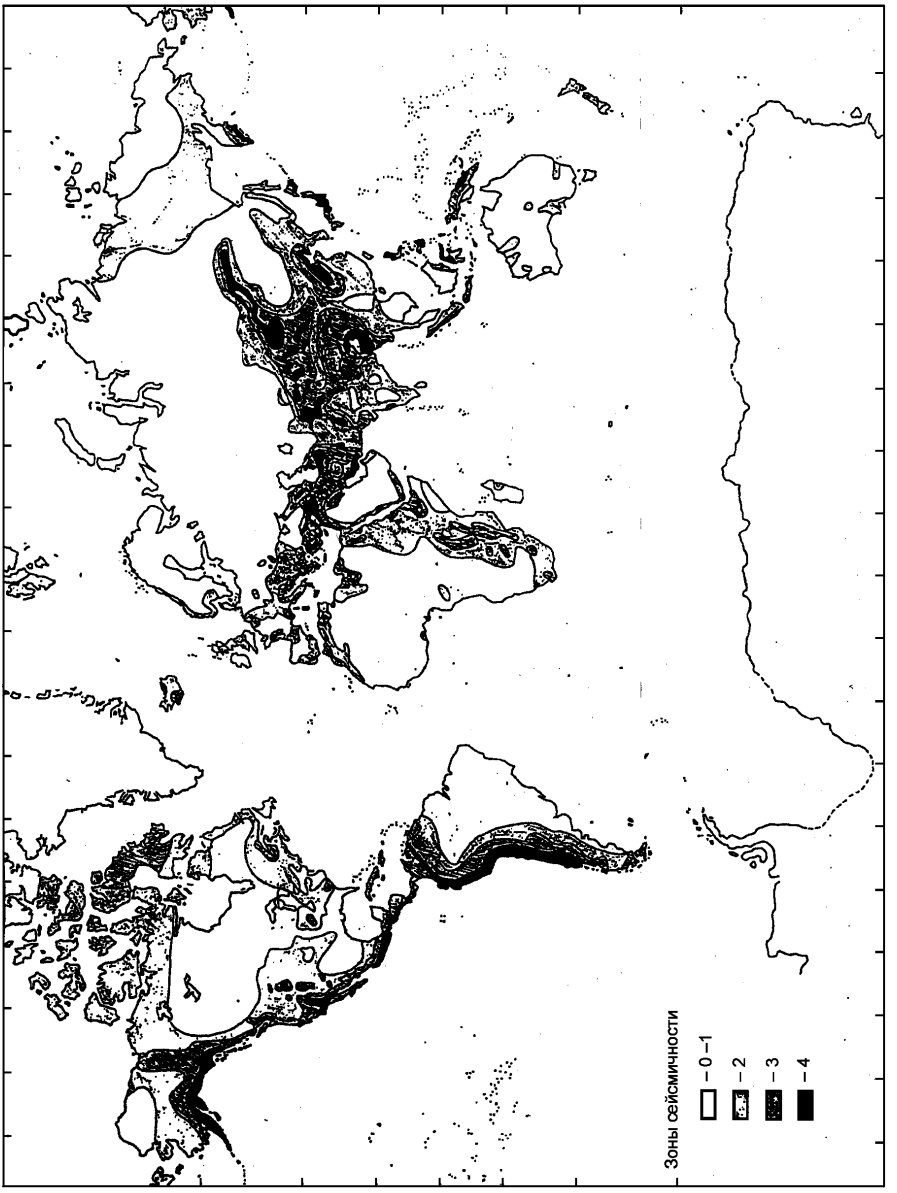


Рисунок 7 — Зоны активности землетрясений

9 Группа стандартов в части сейсмостойкости технических изделий

Требования, установленные в разделах 4—8 настоящего стандарта, реализованы в межгосударственных стандартах, указанных в приложении С.

Приложение А
(справочное)

Пояснения к некоторым терминам

А.1 Пояснение к 3.2.5

Мерой величины очага землетрясения может являться его протяженность. Так, протяженность очага землетрясения с магнитудой М более 7,0 превышает 50 км. Мерой величины очага является также сейсмический момент — произведение модуля сдвига горных пород на площадь разрыва и амплитуду смещения.

По типу смещения пород в очаге он может быть охарактеризован как сдвиг, сброс, надвиг или более сложная их комбинация. Очаги в зависимости от глубины расположения подразделяют на мелкофокусные — в пределах земной коры до глубины 70 км; промежуточные — в верхней мантии в интервале глубин 70 — 300 км и глубокофокусные на глубине от 300 до 600 — 700 км. Последние связаны с зонами субдукции (погружения) литосферных плит в мантию Земли.

А.2 Пояснение к 3.2.6

А.2.1 Понятие «эпицентр» может быть применено при взрыве. Место, где произошел взрыв, называют «центром взрыва» или «местом взрыва». При подземном или надземном взрыве место на поверхности Земли, находящееся, соответственно, над или под центром взрыва, является эпицентром взрыва. При наземном взрыве, а также при любом пожаре понятие «эпицентр» в прямом смысле не существует; возможно (но не рекомендуется) применение этого понятия в переносном смысле согласно А.2.2.

А.2.2 Понятие «центр» или «эпицентр» иногда применяют в переносном значении. При этом место, где происходит событие, является центром этого события, а место недалеко от него может быть названо его эпицентром. Например, зал, где принимаются важные решения правительства, может быть назван центром события, а находящийся рядом пресс-центр — эпицентром события. В то же время о наблюдателе, находящемся в зале заседаний, можно сказать, что он находится в центре (а не в эпицентре) события.

А.3 Пояснение к 3.2.8

Максимальное значение магнитуды землетрясения — около 9 единиц. В обиходе единицы магнитуды ошибочно называют «баллами по шкале Рихтера»; правильнее «землетрясение с магнитудой ___ единиц».

После выделения максимального количества энергии, вызванного первоначальным разрывом пород в очаге (и, следовательно, обусловившего максимальную интенсивность данного землетрясения), возможны (иногда спустя несколько дней) дополнительные разрывы пород, вызывающие землетрясение с интенсивностью, меньшей в несколько раз, — так называемые афтершоки.

Афтершоки могут представлять собой опасность в основном для строительных сооружений, так как воздействуют на ослабленные первоначальным толчком землетрясения конструкции.

Примечание — Если известно, по какой шкале было проведено измерение магнитуды, то к указанному выше выражению добавляют наименование шкалы.

Приложение В
(справочное)

Краткое содержание Шкалы сейсмической интенсивности MSK-64

Классификация сооружений и повреждений

В.1 Типы сооружений и зданий без антисейсмических усилений

Тип А — здания из кирпича-сырца, сельские постройки.

Тип Б — кирпичные, мелкоблочные, крупноблочные здания.

Тип В — каркасные железобетонные, панельные здания, рубленые избы.

В.2 Классификация повреждений

1-я степень — легкие: трещины в штукатурке.

2-я степень — умеренные: небольшие трещины в стенах, дымовых трубах.

3-я степень — тяжелые: глубокие трещины в стенах, падение дымовых труб.

4-я степень — разрушения: сквозные трещины, обрушение частей зданий, внутренних стен.

5-я степень — обвалы: полное разрушение зданий.

В.3 Описание сейсмического эффекта

1 балл — Неощутимое. Регистрируется приборами.

2 балла — Едва ощутимое. Колебания ощущаются лишь отдельными людьми на верхних этажах зданий.

3 балла — Слабое землетрясение. Ощущается некоторыми людьми, легкое раскачивание висящих предметов.

4 балла — Заметное сотрясание. Ощущается внутри зданий, раскачивание висящих предметов.

5 баллов — Пробуждение. Ощущается внутри зданий, на открытых участках, наблюдается раскачивание висящих предметов, возможны повреждения 1-й степени в зданиях типа А.

6 баллов — Испуг. Падает мебель, люди пугаются и выбегают на улицу, возможны повреждения 1-й степени в отдельных зданиях типа Б и во многих зданиях типа А, отдельные случаи оползней.

7 баллов — Повреждение зданий. Испуг и паника. Многие люди с трудом удерживаются на ногах, во многих зданиях типа В повреждения 1-й степени; во многих зданиях типа Б повреждения 2-й степени, во многих зданиях типа А повреждения 3-й степени; оползни и трещины на дорогах.

8 баллов — Сильное повреждение зданий. Во многих зданиях типа В повреждения 2-й степени; во многих зданиях типа Б повреждения 3-й степени; во многих зданиях типа А повреждения 4-й степени, случаи разрыва стыков трубопроводов, оползни и трещины на дорогах.

9 баллов — Всеобщее повреждение зданий. Во многих зданиях типа В повреждения 3-й степени, во многих зданиях типа А повреждения 5-й степени, случаи разрыва подземных частей трубопроводов, искривление железнодорожных рельсов.

10 баллов — Всеобщее разрушение зданий. Во многих зданиях типа В — повреждения 4-й степени, в отдельных 5-й степени. Здания типа Б — повреждения 5-й степени, большинство зданий типа А — повреждения 5-й степени. Опасные повреждения плотин, дамб, разрывы и искривления подземных трубопроводов. Появляются трещины в грунтах от 0,2 до 1,0 м. Возможны большие оползни на берегах рек.

11 баллов — Катастрофа. Разрушение зданий хорошей постройки, мостов, плотин, железнодорожных путей, шоссейные дороги приходят в негодность. Горные обвалы.

12 баллов — Изменение рельефа. Сильные повреждения, разрушения всех типов наземных и подземных сооружений. Радикальные изменения земной поверхности.

Приложение С
(справочное)

Группа стандартов в части сейсмостойкости технических изделий

С.1 В составе комплекса стандартов безопасности, обеспечиваемой стойкостью технических изделий к внешним воздействующим факторам при эксплуатации, транспортировании и хранении, разработана группа стандартов в части сейсмостойкости технических изделий. Эта группа состоит из трех стандартов:

ГОСТ 30546.1 — устанавливает требования к сейсмостойкости;

ГОСТ 30546.2 — устанавливает испытания на подтверждение требований к сейсмостойкости вновь разработанных или вновь изготовленных изделий;

ГОСТ 30546.3 — устанавливает требования к определению сейсмостойкости изделий, находящихся на месте их установки в эксплуатации.

Эти стандарты распространяются на все технические изделия, аналогов чему нет в мировой практике. При их подготовке был учтен 15-летний опыт разработки и применения аналогичных документов, распространяющихся на изделия систем безопасности атомных станций и на всю номенклатуру электротехнических изделий. Основные особенности этих стандартов указаны в С.2 — С.6.

На основании опыта применения этих стандартов в настоящее время ко всем трем вышеуказанным стандартам утверждено изменение № 1.

С.2 Установлена единая для всех технических изделий конфигурация спектров ответа и спектра воздействия на свободной поверхности Земли (на нулевой отметке зданий).

С.3 Увязаны значения ускорений, нормированных для групп механического исполнения при эксплуатации по ГОСТ 30631, со значениями ускорений, нормированными для землетрясений различной интенсивности.

Это позволило установить единые методы и нормы испытаний, подтверждающие требования по механическим воздействиям при эксплуатации и при землетрясениях. Результатом явилась возможность в ряде случаев отказаться от отдельных дорогостоящих испытаний на сейсмостойкость. Аналогичных данных в международных стандартах не имеется.

С.4 Соотнесены вероятностные показатели, связанные с надежностью изделий при механических воздействиях в эксплуатации с вероятностными показателями, связанными с повторяемостью землетрясений. Аналогичных данных в международных стандартах не имеется. Сравнительно полные данные о связи значений ускорений при землетрясениях с вероятностью их появления приведены только в национальном стандарте [4].

С.5 Установлены единые коэффициенты усиления механических нагрузок в зависимости от высоты установки изделий над нулевой отметкой зданий; при этом установлены единые коэффициенты для всех видов промышленных и бытовых зданий и отдельно для атомных станций, что учитывает особую конфигурацию последних. Подобные обобщенные данные в международных стандартах отсутствуют.

С.6 Разработан стандарт, позволяющий установить сейсмостойкость изделий на месте их установки в эксплуатации, — ГОСТ 30546.3. Наличие такого стандарта имеет особое значение для Российской Федерации и других стран Содружества независимых государств (СНГ), так как требования по сейсмостойкости для большинства видов изделий стали предъявлять сравнительно недавно, а сейсмостойкость ранее установленных, и, тем более, значительно изношенных изделий, неизвестна. Аналогичного международного стандарта не имеется.

Приложение D
(справочное)

Аутентичный текст пунктов (абзацев) МЭК 60721-2-6:1990, уточненных и измененных в тексте настоящего стандарта для потребностей национальной экономики

Настоящая часть МЭК 60721 относится к природным внешним условиям и, в частности, к вибрациям и ударам землетрясений. Цель настоящего стандарта состоит в установлении некоторых основных свойств и принципов количественного определения явлений, связанных с землетрясениями, применительно к воздействию последних на технические изделия.

Введение, последний абзац

Следует применять степени жесткости согласно МЭК 60721-1. Более детальная информация может быть получена из специальных документов, часть из которых приведена в библиографии к ИСО 6258:1985 «Силовые атомные станции. Проектирование с учетом сейсмических разрушений».

Раздел 4.4, последнее предложение

Наиболее вероятно, что изделия окажутся наиболее чувствительными к колебаниям в диапазоне частот от 5 до 8 Гц.

Раздел 5, 4-й абзац

Эти шкалы могут быть приблизительно соотнесены с определенными значениями ускорения свободной поверхности Земли; их использование для создания испытательных величин ограничено.

Раздел 5, предпоследний абзац.

Соотношение между модифицированной шкалой Меркалли и ускорением свободной поверхности Земли приведено в таблице 1 как приблизительное. Уровни ускорения в таблице 1 приведены для условий на поверхности Земли. Соотношение между модифицированной шкалой Меркалли и уровнем ускорения на изделиях может быть только приблизительным с учетом следующих факторов:

- грунтовые и скальные условия (включая водонасыщенность);
- близость к активности землетрясения;
- условия, зависящие от конструкции или опоры изделия.

6.1 Спектр ответа

Обычно для расчетов (и особенно для испытаний) в качестве описания сейсмических воздействий используют спектр ответа.

Библиография

[1] MSK-64 Шкала сейсмической интенсивности MSK, 1964

[2] EMS-98 «Европейская макросейсмическая шкала», 1998, Европейская сейсмологическая комиссия, Люксембург

[3] Шкала Рихтера

[4] ФЕМА 96/1988 Рекомендуемые положения по разработке сейсмического регулирования для новых строений Национальной программы уменьшения опасности землетрясения. Часть 2. Комментарии — Федеральное агентство по управлению в чрезвычайных ситуациях США, октябрь 1988 г.

[5] СНиП II-7—81 Строительные нормы и правила. Часть II. Нормы проектирования. Глава 7. Строительство в сейсмических районах

[6] Карта сейсмического районирования СССР. С пояснительной запиской. — М.: Наука, 1989

[7] Комплект карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации — ОСР—97. — Объединенный институт физики земли им. О. Ю. Шмидта РАН — М., 1998

[8] Международная карта глобальной сейсмической опасности GSH MAP. The Global Seismic Hazard Assessment Program (GSHAP) 1992—1999. Summary Volume (edited by Giardini) — Annali Geofis. Vol. 42, 1999. P. 955—1230

УДК 002:006.1.05:006.354 ОКС 19.060 21.020 Т51 ОКП 31 0000—52 0000 60 0000—80 0000 94 0000

Ключевые слова: внешние воздействующие факторы, землетрясение, сейсмостойкость, спектр ответа, спектр воздействия, сейсмические шкалы, технические изделия

Редактор *Л.В. Афанасенко*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *М.С. Кабашова*
Компьютерная верстка *И.А. Налейкиной*

Сдано в набор 09.04.2009. Подписано в печать 28.05.2009. Формат 60 × 84 1/8. Бумага офсетная. Гарнитура Ариал.
Печать офсетная. Усл. печ. л. 2,79. Уч.-изд. л. 2,10. Тираж 216 экз. Зак. 329.

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