

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

**ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К МАШИНАМ,
ПРИБОРАМ И ДРУГИМ ТЕХНИЧЕСКИМ
ИЗДЕЛИЯМ И МЕТОДЫ РАСЧЕТА ИХ
СЛОЖНЫХ КОНСТРУКЦИЙ В ЧАСТИ
СЕЙСМОСТОЙКОСТИ**

Издание официальное



БЗ 4—98/722

**МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СОВЕТ
ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ И СЕРТИФИКАЦИИ**
Минск

Предисловие

- 1 РАЗРАБОТАН Техническим комитетом по стандартизации ТК 341 «Внешние воздействия»
ВНЕСЕН Госстандартом России
- РАЗРАБОТЧИКИ
- М.Л. Оржаховский (руководитель); Ю.К. Амбриашвили, д-р техн. наук; А.П. Бурми-
строва; В.А. Захаров; В.В. Пискарев, канд. техн. наук; В.Н. Покровский; Г.Н. Схабюк;
И.А. Шаповал
- 2 ПРИНЯТ Межгосударственным Советом по стандартизации, метрологии и сертификации
(протокол № 13—98 от 23 мая 1998 г.)

За принятие проголосовали:

Наименование государства	Наименование национального органа по стандартизации
Азербайджанская Республика	Азгосстандарт
Республика Армения	Армгосстандарт
Республика Беларусь	Госстандарт Беларуси
Грузия	Грузстандарт
Республика Казахстан	Госстандарт Республики Казахстан
Киргизская Республика	Киргизстандарт
Республика Молдова	Молдовастандарт
Российская Федерация	Госстандарт России
Республика Таджикистан	Таджикгосстандарт
Туркменистан	Главная государственная инспекция Туркменистана
Республика Узбекистан	Узгосстандарт
Украина	Госстандарт Украины

- 3 Стандарт соответствует международным стандартам МЭК 721-2-6:1990 «Классификация
внешних условий. Часть 2. Природные внешние условия. Глава 6. Вибрация и удары землетрясений»
и МЭК 68-3-3:1991 «Испытания на воздействие внешних факторов. Часть 3. Руководство. Глава 3.
Методы сейсмических испытаний для оборудования»
- 4 Постановлением Государственного комитета Российской Федерации по стандартизации и
метрологии от 11 декабря 1998 г. № 442 межгосударственный стандарт ГОСТ 30546.1—98 введен в
действие непосредственно в качестве государственного стандарта Российской Федерации с 1 июля
1999 г.
- 5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

© ИПК Издательство стандартов, 1999

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и
распространен в качестве официального издания на территории Российской Федерации без разре-
шения Госстандарта России

Содержание

Введение. IV

1 Область применения 1

2 Нормативные ссылки 1

3 Определения 2

4 Общие требования 3

5 Расчетно-экспериментальная оценка изделий на соответствие требованиям по сейсмостойкости 6

Приложение А Вероятность появления значений ускорений сейсмических воздействий (по данным [3]). 9

Приложение Б Нормированные воздействия землетрясений для разных грунтовых условий. . . . 11

Приложение В Изменение нормированных и расчетных сейсмических ускорений, воздействующих на изделие, при несовпадении заданных и нормированных в нормативных документах повторяемостей землетрясений 13

Приложение Г Типовые формулировки в стандартах и технических условиях на изделия требований по сейсмостойкости 14

Приложение Д Библиография 14

Настоящий стандарт устанавливает классификацию технических изделий и уровни сейсмических нагрузок, воздействующих как внешние факторы на технические изделия при землетрясениях, в зависимости от интенсивности землетрясений и места размещения изделий. Стандарт устанавливает также основные положения, относящиеся к расчету сложных конструкций и расчетно-экспериментальной оценке сейсмостойкости технических изделий на стадиях их разработки и производства.

Стандарт содержит данные как по обобщенным сейсмическим нагрузкам для изделий, так и по нагрузкам, дифференцированным для различных грунтовых условий и расчетных повторяемостей землетрясений, а также вопросы вероятности появления сейсмических нагрузок. Требования стандарта могут быть использованы как для нового проектирования (в том числе для увязки вероятности появления нагрузок с вероятностью безотказной работы изделий), так и для работ по сертификации сейсмической безопасности изделий, ранее установленных на месте их эксплуатации.

Настоящий стандарт является частью комплекса стандартов, устанавливающих требования сейсмостойкости технических изделий.

Комплекс состоит из следующих стандартов:

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.

Настоящий стандарт соответствует международному стандарту МЭК 721-2-6:1990 «Классификация внешних условий. Часть 2. Природные внешние условия. Глава 6. Вибрация и удары землетрясений».

Однако этот стандарт недостаточно конкретен, а также содержит неточности в части значений сейсмических нагрузок и районирования территории стран СНГ по сейсмостойкости.

Поэтому полная гармонизация ГОСТ 30546.1—98 с указанным стандартом МЭК невозможна.

Международный стандарт МЭК 721 состоит из следующих частей под общим названием «Классификация внешних условий»:

- Часть 1. Внешние параметры и их жесткости.
- Часть 2. Природные внешние условия.
- Часть 3. Классификация групп внешних параметров и их жесткостей.

При этом стандарты МЭК 721-2 содержат, как правило, только описательную основополагающую информацию об объекте стандартизации (качественную и количественную).

Соответственно, МЭК 721-2-6 содержит сравнительно элементарное общее описание воздействия землетрясений на оборудование, схематическую карту районирования землетрясений на Земном шаре, справочную таблицу соотношений между уровнями интенсивности землетрясений по модифицированной шкале Меркалли и шкале Рихтера. Карта содержит ряд существенных неточностей в части территории бывшего СССР; сравнительная таблица менее точна, чем соответствующая таблица шкалы MSK—64 [1]. Из-за указанных неточностей, а также из-за того, что построение и назначение этого стандарта МЭК не соответствует целям настоящего стандарта, невозможна полная гармонизация настоящего стандарта с МЭК 721-2-6.

Вопросы сейсмостойкости в системе международной стандартизации МЭК содержатся также в МЭК 68-3-3:1991 «Испытания на воздействие внешних факторов. Часть 3. Руководство. Глава 3. Методы сейсмических испытаний для оборудования». Этот стандарт МЭК содержит руководство по выбору многочисленных методов и норм испытаний, однако имеет также много неточностей и противоречий (в том числе с МЭК 721-2-6). Кроме того, этот стандарт МЭК содержит не только руководство по испытаниям, но и фактически отдельные требования к сейсмостойкому оборудованию, однако по форме изложения не может быть использован для целей настоящего стандарта.

**ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К МАШИНАМ, ПРИБОРАМ И ДРУГИМ ТЕХНИЧЕСКИМ
ИЗДЕЛИЯМ И МЕТОДЫ РАСЧЕТА ИХ СЛОЖНЫХ КОНСТРУКЦИЙ
В ЧАСТИ СЕЙСМОСТОЙКОСТИ**

General requirements for machines, instruments and other industrial products and calculation methods
for their complex structures as to seismic stability

Дата введения 1999—07—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на все виды стационарных и стационарных перевозимых машин, приборов и других технических изделий, а также на подъемные краны и оборудование для них (далее — изделия). К другим передвижным, а также перемещаемым нестационарным изделиям требования настоящего стандарта предъявляют при наличии специального технического обоснования.

Стандарт не распространяется на технические средства систем управления технологическими процессами атомных станций.

Стандарт устанавливает требования по стойкости изделий к воздействию землетрясений (сейсмостойкости) — уровни сейсмических нагрузок и основные требования к расчетно-экспериментальной оценке сейсмостойкости изделий на стадиях их разработки и производства.

Все требования настоящего стандарта являются обязательными (за исключением требований, установленных как рекомендуемые или допускаемые) как относящиеся к требованиям безопасности.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы ссылки на следующие нормативные документы:

ГОСТ 20.57.406—81 Комплексная система контроля качества. Изделия электронной техники, квантовой электроники и электротехнические. Методы испытаний

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 16962.2—90 Изделия электротехнические. Методы испытаний на стойкость к механическим внешним воздействующим факторам

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

ГОСТ 24346—80 Вибрация. Термины и определения

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

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

¹⁾ Предполагаемый срок введения стандарта в действие — 01.01.2000.

3 Определения

В настоящем стандарте применяют следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 Акселерограмма землетрясения — зависимость от времени абсолютного ускорения данной точки поверхности земли (или места крепления изделия), возникающего в результате землетрясения (ГОСТ 17516.1).

3.2 Амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) конструкции — зависимость от частоты коэффициента усиления колебаний контрольной точки конструкции изделия относительно колебаний его основания в установившемся режиме колебаний.

3.3 Встроенный элемент — по ГОСТ 15150.

3.4 Граница виброустойчивости (ГВУ) — зависимость от частоты наибольших значений максимальных амплитуд вибрационных ускорений, при которых еще не происходит нарушения работоспособности изделия.

3.5 Жесткая часть акселерограммы — часть акселерограммы от момента, когда значение ускорения впервые возрастает до 25 % максимального уровня, до момента, когда значение ускорения последний раз убывает до 25 % указанного уровня.

3.6 Жесткая часть спектра ответа — часть спектра, для которого ответное ускорение превышает ускорение, имеющееся на уровне минус 3 дБ от максимального значения требуемого спектра ответа.

3.7 Комплектное изделие — по ГОСТ 15150.

3.8 Критическая функциональная частота — частота, при которой на функционально-частотной характеристике наблюдается максимум ухудшения измеряемого параметра изделия на величину, в два и более раза превышающую средние квадратические показатели погрешности измерения данного параметра.

3.9 Нулевая отметка — высота расположения нижней плоскости фундамента здания.

3.10 Передвижное изделие — изделие, эксплуатируемое при выполнении им основных функций с использованием движения.

Примечание — Передвижные изделия и (или) оборудование для них могут быть работающими или не работающими в движении.

3.11 Перемещаемое (переносное, перевозимое) нестационарное изделие — изделие, часто перемещаемое с места на место без специальной упаковки, не монтируемое постоянно на каком-либо фундаменте и не размещаемое на одном фиксированном месте, причем общая продолжительность перемещений может составлять заметную долю срока службы. При этом перемещение не служит для выполнения изделием его основных функций.

3.12 Резонанс конструкции — явление увеличения амплитуды вынужденных колебаний конструкции изделия в два раза и более при постоянном внешнем воздействии, возникающее на частотах вибрационных нагрузок, близких к частоте собственных колебаний изделия (ГОСТ 20.57.406).

3.13 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 17516.1).

3.14 Спектр воздействия — совокупность абсолютных значений максимальных амплитуд при соответствующих частотах синусоидальной вибрации, воздействующих на изделие.

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

3.15 Спектр воздействия землетрясения — спектр воздействия, полученный на основе спектров ответа землетрясения.

3.16 Стационарное изделие — изделие, предназначенное для эксплуатации без перемещения его относительно места крепления на земле и в земле.

3.17 Стационарное перевозимое изделие — изделие, эксплуатируемое при выполнении им основных функций как стационарное, но которое в течение срока службы может один или несколько раз быть перевезено на новое место установки.

Примечание — Примером стационарных перевозимых изделий является буровая установка и оборудование для нее.

3.18 Фазочастотная характеристика (ФЧХ) конструкции — зависимость от частоты фазового сдвига колебаний контрольной точки конструкции изделия относительно колебаний его основания в установившемся режиме колебаний.

3.19 Форма колебаний — по ГОСТ 24346.

3.20 **Функционально-частотная характеристика (ФнЧХ) изделия** — зависимость значения проверяемого параметра изделия от частоты возбуждения синусоидальной вибрации с постоянной амплитудой ускорения.

3.21 **Частотно-механическая характеристика (ЧМХ) конструкции** — комплексная характеристика механической конструкции изделия, модуль которой является амплитудно-частотной характеристикой, а аргумент — фазочастотной характеристикой конструкции.

3.22 **Сертификация сейсмической безопасности изделий** — определение соответствия конкретных изделий требованиям по сейсмостойкости, проводимое независимым от изготовителя и потребителя органом.

4 Общие требования

4.1 При предъявлении к изделиям требований по стойкости к воздействию землетрясений (сейсмостойкости) исходят из интенсивности землетрясения и уровня установки изделий над нулевой отметкой (далее — уровень установки). Эти требования соответствуют требованиям по стойкости [устойчивости и (или) прочности] к синусоидальной вибрации в течение 1 мин. В качестве нормированных воздействий землетрясений принимают требования 4.2.

Сейсмические воздействия считают приложенными к изделию в местах его крепления, если в пунктах настоящего стандарта нет иных требований.

Примечание — Учитывая нормируемую продолжительность воздействия землетрясения 1 мин, соответствие требованиям 4.1 подтверждают испытаниями на виброустойчивость по ГОСТ 30546.2 (допускается по ГОСТ 16962.2) или в соответствии с требованиями по разделу 5 настоящего стандарта.

4.2 Для изделий, устанавливаемых непосредственно на строительных конструкциях (например, стенах, потолках, фундаментах, перекрытиях, колоннах, фермах), требования по максимальным амплитудам ускорений в горизонтальных направлениях и соответствующие частоты (спектр) синусоидальной вибрации определяют по рисунку 1, полученному на основе обобщенного спектра ответа (рисунок 2). Значения максимальных амплитуд ускорений в вертикальном направлении устанавливают равными 0,7 значений для горизонтальных направлений.

Для изделий, устанавливаемых на уровнях установки, промежуточных между указанными на рисунке 1, значения максимальных амплитуд ускорения допускается определять методом линейной интерполяции.

Примечание — Вероятность появления значений ускорений, установленных на рисунках 1 и 2, рассмотрена в приложении А.

4.3 Если в результате специальных изысканий и исследований, проводимых проектировщиком конкретного объекта, установлено, что для этого объекта максимальные значения ускорений в спектре ответа превышают указанные на рисунке 2, разрабатывают дополнительные мероприятия по обеспечению сейсмостойкости изделий. Эти мероприятия согласуют с разработчиком (или изготовителем) изделий и заказчиком объекта.

4.4 Для изделий, устанавливаемых на промежуточных конструкциях (например, на трубопроводах, арматуре), или при необходимости определения требований к встроенным элементам, входящим в состав комплектных изделий, руководствуются 4.4.1 — 4.4.3.

4.4.1 В зависимости от АЧХ или ФнЧХ комплектных изделий (например, шкафов, щитов, панелей, пультов) в местах крепления встроенных элементов (или промежуточных конструкций в местах крепления изделий) к последним могут быть предъявлены дополнительные требования к увеличенным максимальным амплитудам ускорения в диапазоне резонансных частот комплектных изделий (или промежуточных конструкций) по результатам испытаний этих изделий, конструкций или их макетов.

Примечание — В настоящем стандарте под термином «резонансные частоты» понимают также «собственные частоты».

4.4.2 В диапазонах частот, при которых резонансы отсутствуют в местах крепления встроенных элементов, к последним предъявляют требования по удвоенной максимальной амплитуде ускорений по сравнению с указанной в 4.2; допускается предъявлять требования менее удвоенной амплитуды по данным, полученным по 4.4.1.

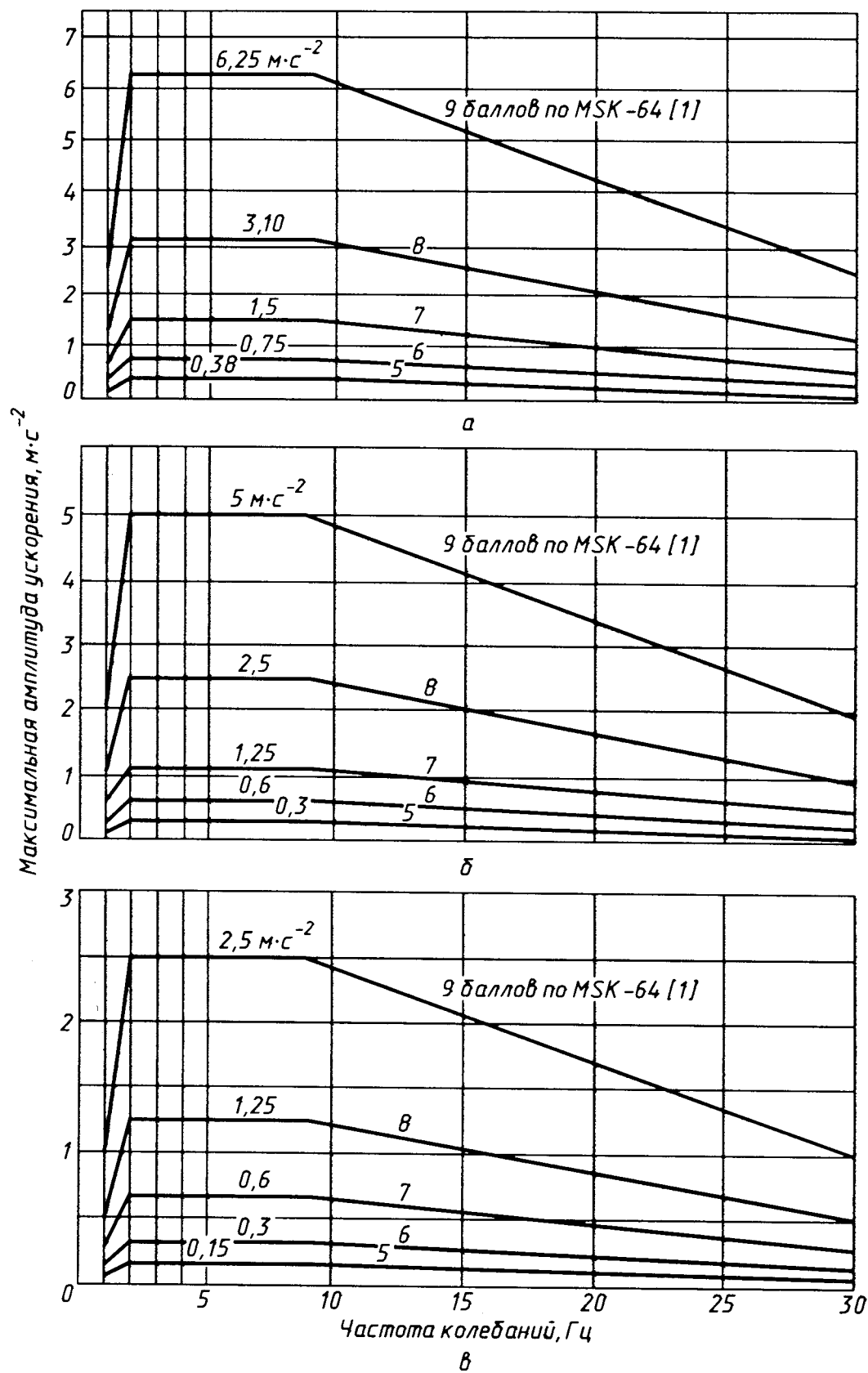
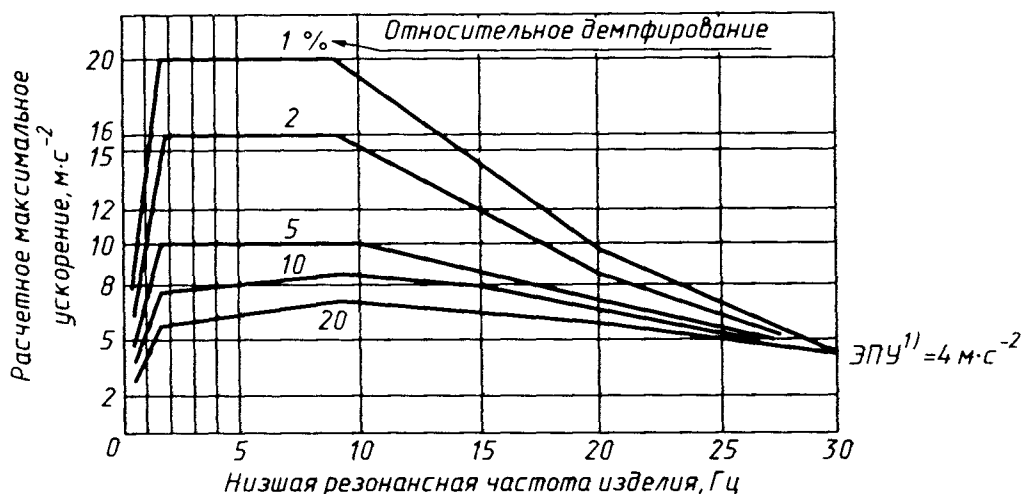


Рисунок 1 — Зависимость между максимальной амплитудой ускорения и частотой синусоидальной вибрации (горизонтальное направление) при высоте установки оборудования над нулевой отметкой: а — 70—30 м; б — 25 м; в — 0—10 м



¹) ЭПУ — см. приложение А

Рисунок 2 — Обобщенные спектры ответа (горизонтальное направление, 9 баллов по MSK — 64 [1])

4.4.3 К изделиям, устанавливаемым на промежуточных конструкциях, предъявляют требования по удвоенной максимальной амплитуде ускорений по сравнению с указанной в 4.2 (при отсутствии в месте установки изделий резонансов в диапазоне 1—30 Гц). Допускается предъявлять требования менее удвоенной амплитуды, если это позволяют данные об АЧХ промежуточной конструкции в месте установки изделий.

4.5 К изделиям или группе изделий, для которых в соответствии с ГОСТ 30631 в стандартах и технических условиях (далее — ТУ) на изделия установлены требования по механическим ВВФ при эксплуатации для групп механического исполнения, не предъявляют отдельных требований по сейсмостойкости, если ускорения по требованиям 4.2 равны или меньше ускорений воздействия синусоидальной вибрации в диапазоне частот 1—30 Гц по требованиям для конкретной группы механического исполнения. Если ускорения по требованиям 4.2 превышают ускорения по требованиям для указанной конкретной группы механического исполнения только в одном или нескольких более узких диапазонах частот, отдельные требования по сейсмостойкости предъявляют только в этих диапазонах частот в качестве дополнительных (ДТ) к требованиям, установленным для данной группы механического исполнения.

Для определения соответствия требованиям настоящего пункта установленные в нормативных документах на изделия требования по синусоидальным вибрационным ВВФ представляют в виде графика зависимости между максимальной амплитудой ускорения и частотой синусоидальной вибрации для соответствующей группы механического исполнения. Этот график сравнивают путем наложения с соответствующим графиком рисунка 1.

Пример соответствующих требований — ГОСТ 17516.1, приложение 6, пункты 1.1 и 1.2, таблица 10.

4.6 Расчетно-экспериментальная оценка изделий на соответствие требованиям по сейсмостойкости — по разделу 5. При этом используют обобщенный спектр ответа по рисунку 2.

4.7 Если для определения сейсмостойкости ранее установленных изделий (см. ГОСТ 30546.3) или изделий, предназначенных только для конкретного объекта, необходимы данные о сейсмических воздействиях при дифференцированных грунтовых условиях места установки оборудования, допускается вместо требований по рисункам 1 и 2 руководствоваться данными для разных грунтовых условий по приложению Б.

4.8 Значения ускорений на рисунках 2, Б.1, Б.2 соответствуют установке оборудования на уровне нулевой отметки и интенсивности землетрясения 9 баллов по MSK — 64 [1]. Значения ускорений для других интенсивностей и уровней установки определяют путем умножения ускорений, полученных по рисункам 2, Б.1, Б.2, на коэффициент по таблице 1. Значения этого коэффициента для изделий, устанавливаемых на уровнях установки, промежуточных между указанными в таблице 1, определяют методом линейной интерполяции.

Таблица 1

Интенсивность землетрясения, баллы по MSK — 64 [1]	Коэффициент для уровней установки над нулевой отметкой, м		
	70—30	20	10 и ниже
9	2,5	2	1
8	1,25	1	0,5
7	0,6	0,5	0,25
6	0,3	0,25	0,12
5	0,15	0,12	0,06

4.9 Если заданная для проектирования или расчета изделий повторяемость землетрясений отличается от приведенной для конкретного географического пункта или района в СНиП II—7 или в [2], [4], рекомендуется изменять в соответствии с приложением В сейсмические нагрузки на изделия, определенные по 4.1—4.8.

4.10 Для стационарных изделий, устанавливаемых на индивидуальных фундаментах, требования 4.1, 4.2 и 4.5 для уровней установки над нулевой отметкой 0—10 м применяют при условии, что коэффициент усиления фундаментом спектра действия землетрясения равен или меньше 1. Если это условие не соблюдается, к изделиям предъявляют дополнительные требования по максимальным амплитудам ускорений при соответствующих частотах с учетом АЧХ системы «изделие — фундамент» и 5.11.

4.11 Типовые формулировки записи в стандартах и ТУ на изделия требований по сейсмостойкости приведены в приложении Г.

4.12 Если изделия разрабатываются для конкретного объекта, то при предъявлении к изделиям требований в части значений параметров изделий во время и после сейсмического воздействия учитывают, что Заказчик или проектная организация должны сформулировать требования к сейсмичности конкретного сооружаемого объекта, указанные в 4.12.1 — 4.12.4.

4.12.1 Электроснабжение не прерывается, разрушение оборудования недопустимо.

4.12.2 Электроснабжение прерывается (часть оборудования имеет сбой в работе), но восстанавливается после прекращения сейсмического воздействия, при этом оценка состояния оборудования не проводится.

4.12.3 Электроснабжение прерывается, но восстанавливается после прекращения сейсмического воздействия; необходима оценка состояния оборудования, а восстановительные работы не производятся.

4.12.4 Электроснабжение прекращается, допускаются незначительные разрушения оборудования, после ремонта которого электроснабжение восстанавливается.

5 Расчетно-экспериментальная оценка изделий на соответствие требованиям по сейсмостойкости

5.1 Расчетно-экспериментальную оценку соответствия требованиям по сейсмостойкости допускается применять в случаях, указанных в 5.1.1 — 5.1.4.

5.1.1 При отсутствии испытательного оборудования соответствующей грузоподъемности или невозможности проведения испытаний по техническим причинам (например, из-за усложненности конструкции).

5.1.2 Для оценки ранее испытанного изделия на соответствие новым, более жестким требованиям.

5.1.3 Для оценки изделия, аналогично ранее испытанному, но содержащему изменения, влияющие на его динамические характеристики.

5.1.4 Для оценки изделий, не имеющих резонансных частот в диапазоне 1—30 Гц.

5.2 Изделия, не содержащие измерительных приборов и контактных электрических аппаратов и удовлетворяющие требованиям 5.1, допускается не испытывать на виброустойчивость, а рассчитывать на прочность.

5.3 Расчет на прочность основных несущих элементов всех конструкций проводят также на стадии проектирования до проведения вибрационных испытаний.

5.4 Расчету на прочность подлежат детали конструкции, испытывающие воздействия непосредственно со стороны основания, к которому крепят изделие или его элементы, и другие

ответственные элементы конструкции изделия, повреждение, смещение или деформация которых приведет к разрушению, отказу изделия или к снижению его эксплуатационных качеств.

5.5 При расчете принимают, что на изделие одновременно действуют эквивалентные нагрузки в вертикальном и одном из двух взаимно перпендикулярных горизонтальных направлений (принимают наиболее жесткое для изделия направление), а также учитывают действие рабочих нагрузок.

5.6 Значение расчетного максимального ускорения, действующего на элементы конструкции изделия в горизонтальных направлениях, определяют по рисунку 2, исходя из низшей резонансной частоты и относительного демпфирования системы, содержащей указанные элементы конструкции. Для изделий, не имеющих резонансных частот в диапазоне 1—30 Гц, вместо значений максимального ускорения по рисунку 2 принимают значение $5 \text{ м} \cdot \text{с}^{-2}$ ($0,5 \text{ g}$)¹⁾.

5.7 Указанные в 5.6 значения максимального ускорения соответствуют установке изделия на уровне нулевой отметки и интенсивности землетрясений 9 баллов по MSK — 64 [1]. Значения максимальных ускорений для других интенсивностей и уровней установки определяют путем умножения ускорения по 5.6 на коэффициент по таблице 1. Значения коэффициентов для изделий, устанавливаемых на уровнях установки, промежуточных между указанными в таблице 1, допускается определять методом линейной интерполяции.

5.8 Значение эквивалентного расчетного максимального ускорения, действующего на изделие в вертикальном направлении, принимают равным 0,7 значения для горизонтальных направлений.

5.9 Определяют значение эквивалентной статической силы, равное произведению расчетного максимального ускорения на массу элемента конструкции изделия, принимая, что точка приложения этой силы совпадает с центром масс элемента конструкции.

5.10 Для комплектных изделий, содержащих измерительные приборы и контактные электрические аппараты и узлы и удовлетворяющих требованиям 5.1.1—5.1.3, допускается определение увеличенных максимальных амплитуд ускорения (см. 4.4.1) проводить в соответствии с 5.6, 5.7 с последующими испытаниями измерительных приборов и контактных электрических аппаратов и узлов.

5.11 Динамические характеристики (резонансные или собственные частоты и относительные демпфирования элемента конструкции (см. 5.6) на стадии проектирования изделия определяют путем расчета или по данным для аналогичных конструкций. После изготовления первого образца изделия эти параметры должны быть проверены экспериментально (например, методом 100-3 по ГОСТ 30546.2). В случае существенного отличия определенных экспериментально параметров от расчетных проводят повторный расчет данного элемента конструкции с использованием экспериментально определенных параметров и, если требуется, усиливают конструкцию данного элемента или проводят повторные испытания изделий по 5.10. При первоначальных расчетах допускается значения относительного демпфирования принимать по таблице 2.

Таблица 2

Вид конструкции	Относительное демпфирование, %, для механического напряжения, доли предела текучести		
	0,25	0,5	1
Сварные стальные конструкции	1	2	4
Болтовые стальные соединения, железобетонные конструкции	1	4	7
Шкафы и панели	1	2	5
Сборочные узлы	1	2	7
Крупногабаритные изделия; стальные трубы диаметром более 300 мм	1	2	3
Стальные трубы диаметром 300 мм и менее	1	1	2

5.12 Если изделие (или элемент конструкции) может быть представлено системой нескольких дискретных масс m_K , расположенных в точках $K = 1, 2, \dots, n$ и имеющих собственные (резонансные) частоты в диапазоне 1—30 Гц, расчет проводят по 5.12.1—5.12.4 вместо 5.9.

¹⁾ Значение ускорения свободного падения g в настоящем стандарте округлено до $10 \text{ м} \cdot \text{с}^{-2}$.

5.12.1 При расчетах по 5.11 или при испытаниях, проводимых для определения резонансных (собственных) частот, дополнительно определяют формы колебаний системы $i = 1, 2, \dots, n$ для каждой собственной (резонансной) частоты.

5.12.2 Определяют эквивалентную статическую силу S_{iK} , возникающую в рассматриваемой точке K , соответствующую форме колебаний i и совпадающую с направлением рассматриваемого компонента сейсмического воздействия (отдельно для вертикального и наиболее жесткого для изделия горизонтального направлений) по формуле

$$S_{iK} = m_{K_p} a_i \eta_i u_{iK_p}, \quad (1)$$

где a_i — ускорение, определяемое по рисунку 2 для собственной (резонансной) частоты i ;

$$\eta_i = \frac{\sum_{K=1}^n m_K u_{iK}}{\sum_{K=1}^n m_K u_{iK}^2}, \quad (2)$$

u_{iK} — виброперемещение или ускорение a_i для формы колебаний i в каждой точке K , включая рассматриваемую;

u_{iK_p} — то же, в рассматриваемой точке K ;

m_{K_p} — дискретная масса в рассматриваемой точке.

Примечание — Если изделие или элемент конструкции могут быть представлены в виде расположенных по консольной схеме нескольких дискретных масс, значения которых, жесткости связей и расстояния друг от друга и от основания консоли несущественно различаются, допускается не проводить предварительного определения формы колебаний, а в формулах (1) и (2) вместо u_{iK_p} и u_{iK} подставлять соответственно x_{iK_p} и x_{iK} , где x_{iK_p} и x_{iK} — расчетные расстояния от основания консоли до рассматриваемой точки K и других точек K соответственно.

5.12.3 Определяют для точки K и формы собственных колебаний механическое напряжение σ_{iK} от каждой силы S_{iK} .

5.12.4 Определяют общее расчетное механическое напряжение в точке K по формуле

$$\sigma_K = \sqrt{\sum_1^i \sigma_{iK}^2}, \quad (3)$$

где i — число учитываемых в расчете форм колебаний.

5.13 При расчете на прочность по 5.1 — 5.12 используют статические прочностные характеристики конструкционных материалов.

5.14 Расчет прочности и (или) устойчивости изделий (или элементов конструкции) можно проводить методами динамической теории упругости с использованием расчетных акселерограмм на отметке установки изделий. Выбор расчетных акселерограмм проводят на основе исследований сейсмических колебаний строительных конструкций, в которых устанавливают изделия, или используют синтезированную расчетную акселерограмму. При оценке прочности в этом случае применяют динамические прочностные характеристики конструкционных материалов.

Требования настоящего пункта рекомендуется применять для конкретных типов изделий, содержащих нелинейные динамические системы, оказывающие существенное влияние на устойчивость изделий к механическим ВВФ, при наличии специального технического обоснования. В этом случае рекомендуется также заменять испытания на виброустойчивость при воздействии синусоидальной вибрации по ГОСТ 30546.2 испытаниями на виброустойчивость при воздействии колебаний, соответствующих указанным в настоящем пункте акселерограммам.

5.15 При расчете методами динамической теории упругости применяют обобщенную схему согласно 5.15.1 — 5.15.4.

5.15.1 В качестве внешнего сейсмического воздействия используют акселерограмму движения оснований (опор) расчетной модели.

5.15.2 Динамический расчет систем с конечным числом степеней свободы, в том числе нелинейных при одинаковой закономерности кинематического возбуждения опор, проводят методами численного интегрирования систем дифференциальных уравнений вида:

$$[M] \{\ddot{x}\} + [B] \{\dot{x}\} + [C] \{x\} + \{R\} = -\ddot{\Psi}(t) [M] \{\cos \alpha\}, \quad (4)$$

где $[M]$ — матрица масс (инерции);

$[B]$ — матрица демпфирования;

$[C]$ — матрица жесткости;

$\{\ddot{x}\}, \{\dot{x}\}, \{x\}$ — векторы относительных ускорений, скоростей и перемещений соответственно;

$\{R\}$ — вектор реактивных сил от нелинейных связей; вектор этих сил, действующих в направлении обобщенных координат системы, представляет собой сумму реакций дополнительных нелинейных связей системы: демпферов, амортизаторов, кусочно-линейных систем, т.е. упругих упоров с зазорами (включающихся связей), элементов сухого трения и т.п.;

$\ddot{\Psi}(t)$ — ускорение основания расчетной модели (акселерограмма);

$\{\cos \alpha\}$ — вектор направляющих косинусов.

5.15.3 Результирующий вектор внешних нагрузок $\{F\}$, действующих на систему в любой момент времени, определяют по формуле

$$\{F\} = [C] \{x\}. \quad (5)$$

5.15.4 По вычисленному значению вектора $\{F\}$ определяют внутренние усилия и напряжения в расчетных сечениях системы.

ПРИЛОЖЕНИЕ А (рекомендуемое)

Вероятность появления значений ускорений сейсмических воздействий (по данным [3])

Одной из основных характеристик механических воздействий землетрясений являются эффективное пиковое ускорение (в некоторых нормативных документах — ускорение нулевого периода) (далее — ЭПУ) и эффективная пиковая скорость (далее — ЭПС). Ряд значений ЭПУ связан со значениями интенсивности землетрясения в баллах. Таким образом, установление для данной сейсмической местности интенсивности возможных землетрясений в баллах одновременно является установлением возможных значений ЭПУ и ЭПС.

ЭПУ есть ускорение, рассчитанное путем спрямления полученного для 5 %-го относительного демпфирования (далее — ОД) спектра ответа скоростей перемещения земной поверхности при реальных (или обобщенных расчетных) землетрясениях для диапазона частот 2 — 10 Гц, деленное на принятый коэффициент 2,5; значение этого коэффициента получено как обобщение соотношений между ЭПУ и наибольшим ускорением спектра ответа для 5 %-го ОД.

Вероятность того, что установленные из условий интенсивности землетрясений значения ЭПУ и ЭПС не будут достигнуты в данной местности в течение 50-летнего периода (далее — «вероятность недостижения»), составляет 90 %.

При современном уровне знаний эта вероятность не может быть определена как точная. Более того, так как при составлении карт сейсмичности проводят увязку и пригонку различных по полноте данных, эта вероятность не может быть совершенно одинаковой для разных районов. Можно считать, что «вероятность недостижения» находится в диапазоне 80 — 90 %.

Применение интервала 50 лет для характеристики «вероятности недостижения» является в известной степени условным и не означает, что для сооружений и оборудования предполагается срок службы 50 лет.

«Вероятность недостижения» может быть переведена в другие величины, такие как интервал повторяемости и средний ежегодный риск. 90 %-я «вероятность недостижения» на 50-летнем интервале эквивалентна среднему интервалу повторяемости 475 лет или среднему ежегодному риску 0,002 долей в год. Эти величины имеют физический смысл только как среднее за очень большой период времени — десятки тысяч лет, причем средний интервал повторяемости или период повторения 475 лет не означает, что землетрясение произойдет однажды, дважды или вообще произойдет в течение 475 лет. Согласно современному уровню знаний нет практической альтернативы утверждению того, что сильное землетрясение произойдет в данный период времени, и величина, подобная периоду повторяемости, означает только возможность того, что это событие произойдет.

Таблица А.1

«Вероятность недостижения» на базе 50 лет, %	Ежегодный риск, доли единицы	Средняя повторяе- мость, годы	Эффективное пиковое ускорение					
			м·с ⁻² (g)			относительные единицы (по отношению к 90 %)		
			для интенсивности землетрясений, баллы по MSK—64 [1]					
			9	8	7	9	8	7
0,7	0,1	10	1 (0,1)	0,35 (0,035)	0,18 (0,018)	0,25	0,18	0,18
50	0,2	50	1,8 (0,18)	0,7 (0,07)	0,25 (0,025)	0,45	0,35	0,25
61	0,01	100	2,5 (0,25)	1 (0,1)	0,5 (0,05)	0,63	0,5	0,5
90	0,002	500	4 (0,4)	2 (0,2)	1 (0,1)	1	1	1
95	0,001	1000	4,5 (0,45)	2,5 (0,25)	1,2 (0,12)	1,13	1,25	1,2
98	0,0005	2000	6,0 (0,6)	3 (0,3)	2 (0,2)	1,5	1,5	2,0
99,5	0,0001	10000	7 (0,7)	5 (0,5)	3 (0,3)	1,75	2,5	3,0
99,95	0,00001	100000	7,5 (0,75)	7 (0,7)	6,5 (0,65)	1,9	3,5	6,5

Примечание — Приведенная в настоящей таблице интенсивность землетрясения в баллах установлена для повторяемости землетрясений один раз в 500 лет. Эта интенсивность приведена в настоящей таблице как условный показатель сейсмической опасности местности (условная интенсивность). При другой повторяемости землетрясений фактическая интенсивность будет другая, так как ускорение будет также другим. Например, для условной интенсивности 7 баллов при повторяемости один раз в две тысячи лет ускорение удваивается и, следовательно, фактическая интенсивность будет составлять 8 баллов.

В таблице А.1 приведены значения ЭПУ для разных «вероятностей недостижения» (в таблице — «вероятность недостижения» на базе 50 лет) и соответственно для различных значений ежегодного риска и повторяемостей. Данные для вероятностей более 98 и менее 60 % получены путем экстраполяции. Вопрос о том, могут ли эти более высокие значения иметь место в каких-либо сейсмически опасных районах, особенно в районах с меньшей сейсмической активностью, находится в стадии обсуждения; некоторые эксперты считают, что верхний предел ЭПУ для районов с меньшей сейсмичностью такой же, как и для районов с более высокой сейсмичностью, хотя вероятность того, что столь экстремальные значения ЭПУ возникают, является, конечно, чрезвычайно малой.

Вероятность того, что ордината расчетного спектра ответа не будет достигнута в течение какого-либо периода, приблизительно такая же, как «вероятность недостижения» ЭПУ и ЭПС. Это утверждение верно, так как невозможность достижения в будущих землетрясениях ЭПУ и ЭПС является много большей, чем невозможность достижения спектральных ординат, заданных ЭПУ и ЭПС. Поэтому вероятность того, что ордината спектра ответа не будет достигнута в течение 50 лет, также составляет 90 %, по крайней мере не выходит из диапазона 80 — 95 %.

Рекомендации настоящего приложения могут быть отнесены к значениям, установленным по рисункам 1 и 2. Можно считать, что полученные по данным рисунков 1 и 2 и таблицы 1 значения не превышаются в данной местности в течение 50 лет с вероятностью 90 %.

Решение о применении значений, связанных с отличающимися от указанных «вероятностей недостижения», принимают в технико-экономически обоснованных конкретных случаях заказчики и проектировщики (изготовители) изделий с учетом требуемой вероятности безотказной работы изделий и их конструктивных особенностей.

При необходимости определения «вероятности недостижения» для сроков *L*, отличающихся от 50 лет, используют формулу

$$P_L = 100 - \frac{100 - P_{50}}{50} \cdot L,$$

(А.1)

где *P*₅₀ — «вероятность недостижения» на базе 50 лет (по таблице А.1);
*P*_{*L*} — «вероятность недостижения» на базе срока *L* (при тех же значениях ЭПУ, что и для соответствующей *P*₅₀).

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
(обязательное)

Нормированные воздействия землетрясений для разных грунтовых условий

Зависимости между максимальной амплитудой ускорения и частотой синусоидальной вибрации для разных грунтовых условий приведены на рисунке Б.1, спектры ответа — на рисунке Б.2. Ниже приведено описание типов (профилей) грунтов. Можно принять, что профиль грунта S_1 в основном соответствует грунту категории 1 по СНиП II—7, профиль грунта S_2 — категории 2, профили грунтов S_3 и S_4 — категории 3.

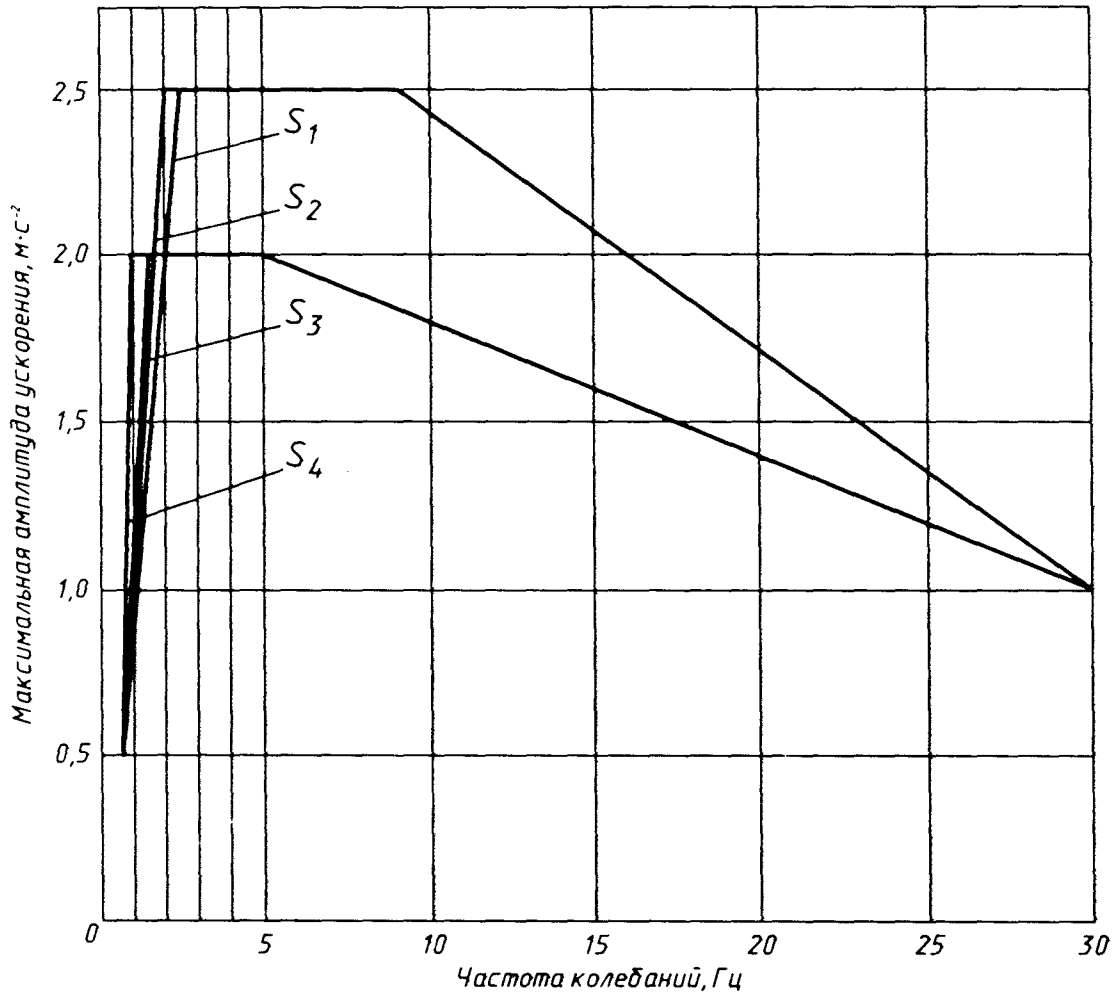


Рисунок Б.1 — Зависимость между максимальной амплитудой ускорения и частотой синусоидальной вибрации при землетрясении 9 баллов по MSK—64 [1] для различных грунтов (горизонтальное направление)

Профиль грунта S_1 — скальные породы любой характеристики как сланцевой, так и кристаллической природы (такие материалы могут характеризоваться скоростью распространения продольных волн более 750 м/с) или же расположенные на скальном основании твердые осадочные грунты глубиной менее 60 м, состоящие из песка, гравия или жестких глин.

Профиль грунта S_2 — глубокие без связующих или состоящие из жестких глин грунты, в том числе расположенные на скальном основании твердые осадочные грунты глубиной до 60 м, состоящие из песка, гравия или твердых глин.

Профиль грунта S_3 — мягкие или средней твердости глины, а также пески, характеризующиеся 9-метровыми прослойками мягких или средней твердости глин, содержащие или не содержащие промежуточные слои песка или другого несвязанного грунта.

Профиль грунта S_4 — мягкие глинистые или илистые осадочные грунты глубиной более 20 м, характеризующиеся скоростью распространения поперечных волн менее 120 м/с.

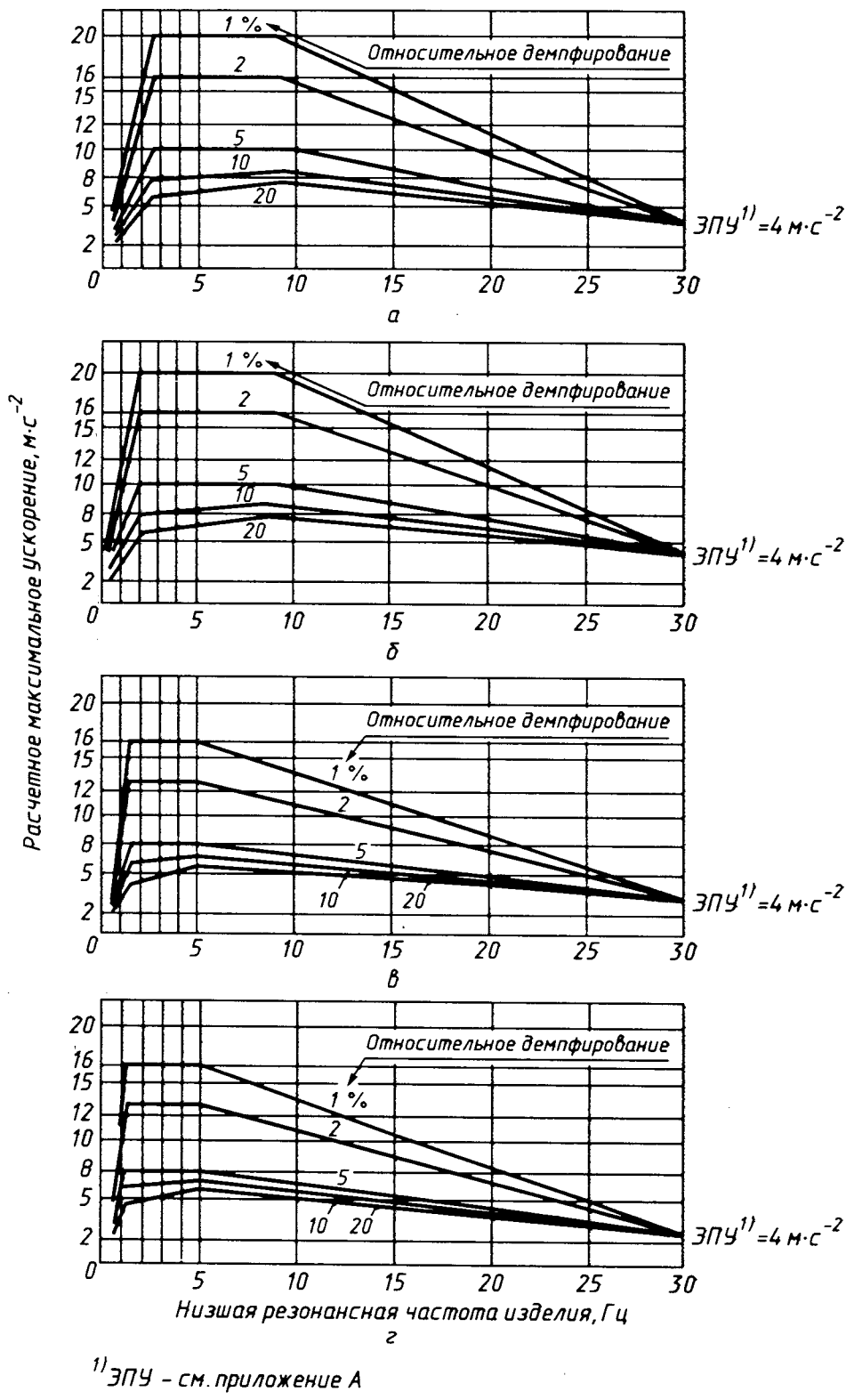


Рисунок Б.2 — Спектры ответа для различных грунтов (горизонтальное направление, 9 баллов по MSK—64 [1]: а — грунт S₁; б — грунт S₂; в — грунт S₃; г — грунт S₄

ПРИЛОЖЕНИЕ В
(рекомендуемое)

Изменение нормированных и расчетных сейсмических ускорений, воздействующих на изделие,
при несовпадении заданных и нормированных в нормативных документах
повторяемостей землетрясений

При несовпадении повторяемостей землетрясений, заданных для проектирования и расчета конкретного оборудования, с повторяемостями, приведенными в СНиП II—7 или в [2], [4] для географического пункта, для которого предназначено оборудование, измененные ускорения вычисляют путем умножения на коэффициент по таблице В.1 ускорений, определенных по 4.1 — 4.8.

Таблица В.1

Средняя повторяемость, годы		Коэффициент пересчета для интенсивности землетрясений, баллы по MSK — 64 [1]		
приведенная в СНиП II—7 или [2]	требуемая для проектирования	9	8	7
100	100	1	1	1
	1000	1,8	2,5	2,4
	10000	2,8	5	6
1000	100	0,5	0,4	0,4
	1000	1	1	1
	10000	1,5	2	2,5
10000	100	0,4	0,2	0,15
	1000	0,7	0,5	0,4
	10000	1	1	1

ПРИЛОЖЕНИЕ Г (обязательное)

Типовые формулировки в стандартах и технических условиях на изделия требований по сейсмостойкости

Г.1 Требования по сейсмостойкости записывают отдельным пунктом в разделе требований по механическим ВВФ.

Г.2 В нормативных документах на изделия конкретных типов приводят формулировки по Г.3 или Г.4.

Г.3 Если по конструкции и назначению изделия могут быть установлены как непосредственно на строительных конструкциях (см. 4.2), так и на промежуточных конструкциях или в комплектных изделиях в качестве встроенных элементов (см. 4.4), то записывают:

«Изделия сейсмостойкости:

- при установке непосредственно на строительных конструкциях — при воздействии землетрясений интенсивностью _____ баллов по MSK — 64 при установке над нулевой отметкой _____ м;
указывают баллы

- при установке на промежуточных конструкциях (например, трубопроводах, арматуре) или в комплектных изделиях в качестве встроенных элементов — при воздействии на комплектные изделия или промежуточную конструкцию землетрясений интенсивностью _____ баллов по MSK — 64 при уровне установки _____ м;
указывают баллы

над нулевой отметкой _____ м (при отсутствии в месте установки изделий резонансов в диапазоне 1 — 30 Гц)».

Примечание — Если изделие не может быть установлено на промежуточных конструкциях или использовано в качестве встроенного элемента, то в третьем абзаце записи не упоминают о соответствующем варианте.

Г.4 Если по конструкции и назначению изделия могут быть установлены либо непосредственно на строительных конструкциях, либо использованы только в качестве встроенных элементов, то записывают:

«Изделия сейсмостойки при воздействии землетрясений интенсивностью _____ баллов по MSK — 64 при уровне установки над нулевой отметкой до _____ м»;
указывают баллы

MSK — 64 при уровне установки над нулевой отметкой до _____ м».

Примечание — Значение высоты установки в Г.3 и Г.4 выбирают из ряда 10, 20, 25, 30, 70 м.

Г.5 В стандартах и ТУ вида общих технических условий записывают:

«Требования по сейсмостойкости (интенсивность землетрясений в баллах по MSK — 64, высоту установки над нулевой отметкой в метрах) устанавливают в стандартах и ТУ на изделия конкретных типов».

ПРИЛОЖЕНИЕ Д (информационное)

Библиография

- [1] MSK — 64. Шкала сейсмической интенсивности MSK — 1964
- [2] Карта сейсмического районирования СССР. С пояснительной запиской. — М.: Наука, 1989
- [3] FEMA 96/1988. Рекомендуемые положения по разработке сейсмического регулирования для новых строений Национальной программы уменьшения опасности землетрясения. — Федеральное агентство по управлению в чрезвычайных ситуациях США, октябрь 1988 г.
- [4] Комплект карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации — ОСР—97. — М., 1998

УДК 002:006.1.05:006.354

МКС 01.120

Т50

ОКСТУ 0001

Ключевые слова: внешние воздействующие факторы; сейсмостойкость; общие требования; методы расчета; машины, приборы и другие технические изделия

Редактор *Л.В. Афанасенко*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *Н.И. Гавришук*
Компьютерная верстка *Л.А. Круговой*

Изд. лиц. № 021007 от 10.08.95. Сдано в набор 24.12.98. Подписано в печать 04.02.99. Усл. печ. л. 2,32. Уч.-изд. л. 1,85.
Тираж 255 экз. С1869. Зак. 86.

ИПК Издательство стандартов, 107076, Москва, Колодезный пер., 14.
Набрано в Издательстве на ПЭВМ
Филиал ИПК Издательство стандартов — тип. "Московский печатник", Москва, Лялин пер., 6.
Плр № 080102