ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 57546— 2017

ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ

Шкала сейсмической интенсивности

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2017

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Федеральным государственным бюджетным учреждением науки Институтом физики Земли им. О.Ю. Шмидта Российской академии наук (ФГБУН ИФЗ РАН), Федеральным государственным бюджетным учреждением науки Институтом земной коры Сибирского отделения Российской академии наук (ФГБУН ИЗК СО РАН), Центром службы геодинамических наблюдений в энергетической отрасли — филиалом ОАО «Институт Гидропроект» (ЦСГНЭО — филиал ОАО «Институт Гидропроект»), ООО «Инженерный центр «Поиск», Федеральным государственным унитарным предприятием Научно-технический центр по сейсмостойкому строительству, инженерной защите от стихийных бедствий (ФГУП «НТЦ по сейсмостойкому строительству»), ООО «Производственный и научно-исследовательский институт по инженерным изысканиям в строительстве» (ООО «ПНИИИС»), НП СРО «Ассоциация Инженерные изыскания в строительстве» (АИИС)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации» и ТК 465 «Строительство»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 19 июля 2017 г. № 721-ст

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «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 (*gost.e-ecolog.ru

© Стандартинформ, 2017

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 1
4 Обозначения и сокращения 3
5 Общие положения 3
6 Категория-сенсор «Люди» 5
7 Категория-сенсор «Предметы быта» 6
8 Категория-сенсор «Здания и сооружения» 7
9 Категория-сенсор «Транспортные сооружения» 9
10 Категория-сенсор «Трубопроводные сооружения» 10
11 Категория-сенсор «Природные явления» 11
12 Использование сейсмологических данных для оценки сейсмической интенсивности землетрясения 12
13 Инструментальные инженерно-сейсмометрические данные 13
Приложение А (справочное) Классификация землетрясений по интенсивности в шкалах ШСИ-17, EMS-98, MSK-64 15
Приложение Б (справочное) Оценка интенсивности землетрясения по значениям параметров колебаний грунта 16
Приложение В (обязательное) Оценка интенсивности землетрясения по реакции людей 17
Приложение Г (обязательное) Оценка интенсивности землетрясения по реакции предметов быта . . 18
Приложение Д (обязательное) Оценка интенсивности землетрясения по средней степени повреждения зданий 19
Приложение Е (рекомендуемое) Оценка интенсивности землетрясения по реакции транспортных сооружений 20
Приложение Ж (рекомендуемое) Оценка интенсивности землетрясения по реакции трубопроводов и частоте повреждений на 1 погонный км 21
Приложение И (обязательное) Оценка интенсивности землетрясения по реакции природных объектов 22
Приложение К (рекомендуемое) Средние значения коэффициентов в уравнении макросейсмического поля для различных регионов 26
Библиография 27

Введение

Шкала сейсмической интенсивности (ШСИ-17) является результатом модернизации шкал MSK-64 (Шкала Медведева, Шпонхойера, Карника, версия 1964 г.), MCS (Шкала Меркалли, Канкани, Зиберга), ММ (Модифицированная шкала Меркалли), EMS-98 (Европейская макросейсмическая шкала, версия 1998 г.), ESI-2007 (Шкала сейсмической интенсивности по природным явлениям). Одновременно с гармонизацией с другими современными шкалами ШСИ отличается повышенной точностью оценок вследствие отказа от каких-либо допущений и предположений и перехода к статистическим оценкам. ШСИ относится к категории шкал интервалов, т.е. эту шкалу можно считать внутренне равномерной, и в ней допустимы все арифметические операции — нахождение среднеарифметического значения и стандартного отклонения, интерполяция и экстраполяция приращений интенсивности землетрясений.

Важнейшим преимуществом настоящей шкалы является наличие инструментальной части с использованием нескольких параметров сейсмического движения грунта, оцененных на основании реальных записей сильных движений грунта. С положениями настоящего стандарта должны быть гармонизированы следующие стандарты:

- ГОСТ Р 53166—2008 Воздействия природных внешних условий на технические изделия. Общая характеристика землетрясения;
- ГОСТ Р 22.1.06—99 Мониторинг и прогноз опасных геологических явлений и процессов. Общие требования;
- ГОСТ Р 30546.1—98 Общие требования к машинам, приборам и другим техническим изделиям и методы расчета их сложных конструкций в части сейсмостойкости.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ

Шкала сейсмической интенсивности

Earthquakes. Seismic intensity scale

Дата введения — 2017—09—01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает методику определения интенсивности произошедшего землетрясения и прогнозирования возможных эффектов будущих землетрясений.

Настоящим стандартом надлежит руководствоваться при полевом обследовании территорий, подвергшихся воздействию землетрясений, а также для оценки сейсмической опасности территорий при общем сейсмическом районировании (ОСР), детальном сейсмическом районировании (ДСР), сейсмическом микрорайонировании (СМР), при оценке возможных параметров движения грунта при ожидаемых землетрясениях, при проектировании зданий и сооружений для строительства в сейсмических районах.

Настоящий стандарт предназначен для инженерных изысканий, выполняемых на всех этапах жизненного цикла зданий и других сооружений, а также технических изделий. Настоящий стандарт применяется при оценке возможных социально-экономических последствий землетрясений и для планирования спасательных и восстановительных работ.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки и следующие стандарты:

ГОСТ 25100 Грунты. Классификация

ГОСТ 31937 Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния

ГОСТ Р 54859 Здания и сооружения. Определение параметров основного тона собственных колебаний

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 ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **афтершок:** Повторный толчок, землетрясение меньшей магнитуды, возникающее в очаге главного толчка и его окрестности.

Издание официальное

3.2 **балл:** Единица измерения сейсмической интенсивности по макросейсмическим и инструментальным наблюдениям.

3.3 **главный толчок:** Наиболее сильный толчок в группе близких в пространстве и времени землетрясений.

3.4 **глубина очага:** Глубина центра области, из которой выделилась сейсмическая энергия при землетрясении.

3.5 **детальное сейсмическое районирование;** ДСР: Определение интенсивности возможных сейсмических воздействий в баллах и параметрах сейсмических колебаний грунта в районах размещения существующих и проектируемых сооружений, предусматривающее проведение полевых исследований и изучение возможных источников сейсмических воздействий, представляющих потенциальную опасность для сооружений.

3.6 **землетрясение:** Колебания земли, вызванные внезапным высвобождением потенциальной энергии Земли.

3.7 **интенсивность землетрясения:** Мера сотрясения в баллах макросейсмической шкалы.

3.8 **категория-сенсор:** Человек, а также природные и искусственные объекты, реакцию которых на землетрясение можно описать с помощью конкретных признаков.

3.9 **класс объектов:** Совокупность объектов внутри одной категории-сенсора, имеющих одинаковую среднюю реакцию на землетрясение.

3.10 **косейсмическое явление:** Явление в природной или искусственной среде, происходящее непосредственно во время землетрясения.

3.11 **магнитуда землетрясения:** Мера величины землетрясения, основанная в общем случае на оценках логарифма максимальной амплитуды колебаний грунта, соответствующего преобладающего периода, глубины очага и расстояния от эпицентра до пункта наблюдения.

3.12 **макросейсмическая шкала:** Шкала для определения эффекта землетрясений на поверхности Земли в баллах и для оценки ожидаемых эффектов при будущих землетрясениях.

3.13 **макросейсмическое обследование:** Изучение эффектов землетрясения по реакции категорий-сенсоров.

3.14 **порог насыщения:** Интенсивность сотрясения, при которой средняя реакция объектов данной категории-сенсора достигает максимального значения.

3.15 **порог чувствительности:** Минимальная интенсивность, при которой наблюдается реакция объектов данной категории-сенсора.

3.16 **общее сейсмическое районирование;** ОСР: Выделение в масштабах страны территорий, однородных с точки зрения сейсмической опасности, для целей планирования развития регионов, размещения и проектирования объектов массового строительства, выполняемое в общем случае без проведения полевых работ.

3.17 **очаг землетрясения:** Область (объем) геологической среды, в которой происходят разрывы горных пород и высвобождение упругих напряжений.

3.18 **подкатегория:** Разновидность объектов, относящихся к одной категории.

3.19 **постсейсмическое явление:** Явление в природной или искусственной среде, происходящее вследствие землетрясения, но после того, как завершились колебания.

3.20 **рой землетрясений:** Группа землетрясений, в которой нет выделяющегося магнитудой главного толчка, а присутствуют два и более землетрясения с близкими магнитудами.

3.21 **сейсмическая опасность:** Вероятность возникновения на определенной территории в течение заданного интервала времени сейсмических воздействий заданной интенсивности.

3.22 **сейсмическое микрорайонирование;** СМР: Оценка влияния локальных грунтовых условий и рельефа на параметры сейсмических воздействий.

3.23 **сейсмичность:** Распределение в пространстве и во времени очагов землетрясений разных магнитуд.

3.24 **сейсмовыбросы:** Подбрасывание в воздух грунта, камней, различных предметов при колебаниях грунта с ускорением, превышающим ускорение силы тяжести.

3.25 **сейсмостойкость:** Способность зданий и сооружений противостоять землетрясению с интенсивностью, при которой степень их повреждения (d) для данного класса сейсмостойкости в среднем равна 2, т.е. объект работоспособного технического состояния переходит в ограниченно работоспособное техническое состояние по ГОСТ 31937.

3.26 **степень повреждения зданий и сооружений:** Градация последствий сейсмических воздействий на здания и сооружения, определяемая как среднеарифметическое значение повреждений

всех обследованных при различных землетрясениях зданий и сооружений одного класса сейсмостойкости. В шкале используют 6 степеней повреждений, включая нулевую (полное отсутствие каких-либо изменений).

3.27 **форшок:** Землетрясение меньшей магнитуды, возникающее в очаге основного толчка и его окрестности и предшествующее ему.

3.28 **ширина импульса:** Интервал времени между первым и последним моментами превышения огибающей половины максимальной амплитуды, который является параметром уравнения огибающей колебаний и служит мерой продолжительности колебаний.

3.29 **шкала сейсмической интенсивности:** Градация сейсмических воздействий по макросейсмическим признакам.

4 Обозначения и сокращения

В настоящем стандарте применены следующие обозначения и сокращения:

I — сейсмическая интенсивность, баллы;

PGA — пиковое ускорение грунта, см/с^2;

PGV — пиковая скорость колебаний грунта, см/с;

PGD — пиковое смещение грунта, см;

D_o — остаточное смещение, см;

$r_л$ — статистическая оценка реакции на землетрясение категории-сенсора «Люди»;

$r_п$ — статистическая оценка реакции на землетрясение категории-сенсора «Предметы быта»;

τ — ширина импульса (продолжительность колебаний);

d — степень повреждения зданий;

$d_{трб}$ — степень повреждения трубопроводных сооружений;

$d_т$ — степень повреждения транспортных сооружений;

σ — стандартное отклонение;

MSK-64 — Шкала Медведева, Шпонхойера, Карника, версия 1964 г.;

MCS — Шкала Меркалли, Канкани, Зиберга;

MM — Модифицированная шкала Меркалли;

EMS-98 — Европейская макросейсмическая шкала, версия 1998 г.;

ESI-2007 — Шкала сейсмической интенсивности по реакции окружающей среды.

5 Общие положения

5.1 Настоящий стандарт устанавливает порядок получения оценки интенсивности произошедшего землетрясения в баллах по шкале сейсмической интенсивности (ШСИ-17), а также оценки возможных последствий будущих землетрясений. Оценка интенсивности землетрясения по ШСИ определяется по реакции категорий-сенсоров, по сейсмологическим (уравнение макросейсмического поля) и инженерно-сейсмометрическим (инструментальным) данным.

5.2 Шкала сейсмической интенсивности характеризует эффект землетрясения в баллах от 1 до 12. Оценки интенсивности землетрясений по шкале ШСИ совпадают с оценками по шкалам MCS, MM, MSK-64, EMS-98, ESI-2007 в пределах точности определений. Однако названия землетрясений для различных баллов вследствие языковых различий могут существенно различаться (см. приложение А).

5.3 Оценку интенсивности землетрясения по единичному объекту в пределах каждой категории-сенсора проводят по его реакции в соответствии с таблицами, построенными по эмпирическим данным. При статистической обработке реакции множества объектов в пределах каждой категории-сенсора возможно получение дробных значений баллов. При этом целесообразно давать оценки по каждой категории-сенсору с округлением до 0,1 балла независимо от реальной точности оценок, чтобы округление проводилось только один раз после проведения СМР. С полученными оценками баллов допустимы все арифметические операции, в том числе нахождение средних значений и стандартных отклонений.

Чтобы получить статистически обоснованную оценку с десятыми долями балла, необходимо оценить реакцию не менее 10 объектов данного класса данной категории-сенсора. Если объектов недостаточно, оценку проводят с десятыми долями балла, а возникающую при этом погрешность учитывают весовой функцией.

Отбор единичных объектов для каждой категории-сенсора следует проводить случайным образом.

5.4 Категориями-сенсорами, по реакции которых оценивается интенсивность землетрясения по ШСИ, являются: люди, предметы быта, здания и сооружения (в том числе транспортные и трубопроводные), природные явления.

Оценки интенсивности землетрясения, полученные по результатам макросейсмического обследования и по инструментальным данным, являются взаимодополняющими и их используют совместно.

5.5 Интенсивность землетрясения следует относить к единичному сейсмическому событию. Надлежит отдельно оценивать интенсивность главного толчка, его форшоков и афтершоков, отдельных землетрясений, образующих рой.

5.6 Следует уделять особое внимание сбору сведений о наличии и интенсивности атмосферных осадков в период, предшествовавший землетрясению, а также других явлений, влияющих на степень обводнения грунтов и, следовательно, на сейсмический эффект.

При оценке интенсивности землетрясений необходимо также учитывать наличие или отсутствие подрезки склонов, проявлений карстовых и иных процессов, которые могли повлиять на сейсмический эффект.

5.7 При оценке последствий землетрясений в соответствии с настоящей шкалой полученные макросейсмические и инструментальные оценки нельзя экстраполировать более чем на 0,5 км.

5.8 Оценку средней реакции для каждого класса (типа) внутри одной категории-сенсора рассчитывают по формуле

$$r = \Sigma(r_i)/n, \quad (1)$$

где r — средняя реакция, которая для различных объектов-сенсоров может характеризоваться поразному;

r_i — реакция отдельного объекта;

n — число обследованных объектов.

5.9 Итоговую оценку интенсивности землетрясения в баллах по всем использованным категориям-сенсорам вычисляют по формуле

$$I = \Sigma(I_i f_i)/\Sigma f_i, \quad (2)$$

где I — итоговое значение интенсивности землетрясения;

I_i — оценка интенсивности землетрясения для каждой категории-сенсора i;

f_i — весовая функция для каждой категории-сенсора i, определяемая в соответствии с 5.11.

5.10 Стандартное отклонение $\sigma(I)$ итоговой оценки интенсивности землетрясения вычисляют по формуле

$$\sigma(I) = \pm [(\Sigma n_i I_i^2 - I^2 \Sigma n_i)/\Sigma n_i \cdot \Sigma(n_i - 1)]^{0,5}, \quad (3)$$

где n_i — количество обследованных объектов каждой категории-сенсора i, выбранных случайным образом.

Вблизи порогов чувствительности и насыщения (в пределах одного балла) стандартное отклонение увеличивается в полтора раза.

5.11 Эмпирические оценки весовой функции f для категорий-сенсоров «Люди», «Предметы быта», «Здания и сооружения», для которых применяются статистические методы обработки данных, приведены в таблице 1.

Оценки интенсивности по реакции категорий-сенсоров: «Транспортные сооружения», «Трубопроводы», «Природные явления» используются только при непредставительности других сенсоров.

Значения f для отдельных измерений параметров сейсмического движения грунта приводятся в соответствии с приложением Б.

Примечания

1 Здания и сооружения, прошедшие техническую инвентаризацию (паспортизация), имеют весовую функцию, повышенную в 1,5 раза.

2 Если оценку проводят по произведению PGA·PGV, то оценки по PGA и по PGV в осреднении не участвуют.

Таблица 1 — Весовые коэффициенты для категорий-сенсоров «Люди», «Предметы быта», «Здания и сооружения»

«Люди»			«Предметы быта»			«Здания и сооружения»		
Класс в соответствии с таблицей 2	Интенсивность землетрясения I, баллы	Весовой коэффициент f	Класс в соответствии с таблицей 4	Интенсивность землетрясения I, баллы	Весовой коэффициент f	Класс в соответствии с таблицей 6	Интенсивность землетрясения I, баллы	Весовой коэффициент f
Л5	8—11	1,5	П5	7—9	1	С9	8—10	1
Л4	6—8	1	П5	6	0,7	С9	7	0,7
Л4	5 и 9	0,7	П4	7	1	С8	7—9	1
Л3	5—7	1	П4	6 и 8	0,7	С8	6	0,7
Л3	4 и 8	0,7	П3	6	1	С7	6—8	1
Л2	4—6	1	П3	5 и 7	0,7	С7	5 и 9	0,7
Л2	3 и 7	0,7	П2	5	1	С6,5	5,5—7,5	1
Л1	3—6	1	П2	4 и 6	0,7	С6,5	5 и 8	0,7
Л1	2 и 5	0,7	П1	4	1	С6	5—7	1
Л0	1—2	1	П1	3 и 5	0,7	С6	4 и 8	0,7
—	—	—	П0	1—2	1	С5,5	4—7	0,7

5.12 Оценку возможных эффектов будущих землетрясений с использованием ШСИ проводят только для объектов, относящихся к вышеперечисленным категориям-сенсорам.

6 Категория-сенсор «Люди»

6.1 К категории-сенсору «Люди» относятся люди, которые находились на исследуемой территории в момент землетрясения вне помещений, на первом и цокольном этажах, при очень слабых интенсивностях также на верхних этажах 5-, 6-этажных зданий и способны дать какую-либо информацию о произошедшем землетрясении. К опросу следует привлекать как можно большее количество людей. Для получения информации можно пользоваться опросным листом.

6.2 В зависимости от того, где во время землетрясения находились люди, чем они были заняты, а также от соотношения количества раненых и погибших, их относят к различным классам согласно таблице 2.

Таблица 2 — Классы категории-сенсора «Люди»

Описание классов категории-сенсора «Люди»	Условное обозначение классов
При землетрясении	
Люди, находящиеся на верхних этажах 5-,6-этажных зданий	Л0
Люди, находящиеся в помещении на первом и цокольном этажах в покое	Л1
Люди в помещении на первом и цокольном этажах: спящие, движущиеся или занятые физическим трудом; люди вне помещений в покое	Л2
Люди вне помещения, идущие или занятые физическим трудом	Л3
Люди в движущемся транспорте: за рулем автомашины на хорошей дороге; пассажиры автобусов, троллейбусов, трамваев	Л4
После (вследствие) землетрясения	
Отношение количества раненых к количеству жертв	Л5

6.3 Реакция отдельного человека ($r_л$) на землетрясение определяется как при личном опросе, так и на основе опросных листов согласно таблице 3.

Таблица 3 — Реакции отдельного человека $r_л$ категории-сенсора «Люди»

Описание реакции отдельного человека	$r_л$
Отсутствие реакции: не ощущает, не замечает, не реагирует	0
Слабое ощущение: ощущает слегка, испытывает легкое недоумение, не меняет поведение; если спал, то просыпается спокойно, не осознавая причины; за рулем движущегося автомобиля ощущает, но относит за счет неровностей дороги	1
Сильное ощущение: ощущает заметно; обращает внимание; может оценить направление, продолжительность и отдельные фазы колебаний; если спал, то просыпается с ощущением, что его разбудили; за рулем движущегося автомобиля ощущает несоответствие его поведения особенностям дороги	2
Испуг: пугается, но может оценить направление, продолжительность и отдельные фазы колебаний; за рулем движущегося автомобиля пугается, начинает думать об аварии	3
Сильный испуг: сильно пугается, стремится выбежать из помещения, выбегает из помещения; если был за рулем, то в испуге останавливает машину	4
Паника: теряет равновесие, не может стоять без опоры, впадает в панику, кричит	5
Отключение: полностью утрачивает осмысленность своего поведения, плохо реагирует на окружение, нарушается работа вестибулярного аппарата и органов зрения, в результате чего ударяется о стены, предметы, не попадает в двери, выпадает из окна и т.п.; впадает в оцепенение, теряет сознание	6
Примечание — Обязательно указывается место проведенных наблюдений, включая адрес и этаж.	

6.4 Отношение количества раненых к количеству жертв учитывают при землетрясениях интенсивностью 8 баллов и более.

6.5 Среднюю реакцию людей отнесенных к каждому классу категории-сенсора «Люди», приведенную в таблице 3, определяют согласно 5.8.

6.6 Переход от средней реакции каждого класса на сейсмическое воздействие ($r_л$) к интенсивности землетрясения I определяют в соответствии с приложением В.

7 Категория-сенсор «Предметы быта»

7.1 К категории-сенсору «Предметы быта» относятся наиболее распространенные предметы домашнего обихода. Информацию о реакции предметов собирают при личном опросе жильцов и посредством опросных листов.

7.2 При оценке интенсивности землетрясения учитывают реакцию только предметов быта, находящихся на первом или цокольном этажах здания. Только для интенсивности 1 балл используются наблюдения на верхних этажах 5-, 6-этажных зданий.

7.3 В зависимости от вида предмета и его расположения предметы подразделяются на классы согласно таблице 4.

Таблица 4 — Классы категории-сенсора «Предметы быта»

Описание классов категории-сенсора «Предметы быта» в зависимости от их вида и расположения	Условное обозначение классов
Предметы, находящиеся на верхних этажах 5-, 6-этажных зданий	П0
Свободно висящие предметы: лампы, люстры, легкие занавески	П1
Неустойчивые подвижные (незакрепленные) предметы: игрушки, флаконы, сувениры, высокая неустойчивая посуда	П2

Окончание таблицы 4

Описание классов категории-сенсора «Предметы быта» в зависимости от их вида и расположения	Условное обозначение классов
Устойчивые подвижные предметы: посуда, бутылки, книги на полках, горшки с цветами, легкая мебель (стулья, легкие этажерки, ширмы, столики)	П3
Тяжелые подвижные предметы: большие телевизоры, оргтехника, микроволновые печи, холодильники, тяжелая мебель (массивные столы, шкафы, комоды, стеллажи)	П4
Малоподвижные предметы: сейфы, массивные заполненные книжные шкафы, массивные «стенки», пианино	П5

7.4 Реакцию отдельного предмета $r_п$ на землетрясение определяют при личном опросе населения и по опросным листам согласно таблице 5.

Таблица 5 — Реакция отдельного предмета категории-сенсора «Предметы быта»

Описание реакции отдельного предмета	$r_п$
Отсутствие реакции: предмет не реагирует	0
Слабая реакция: предмет незначительно покачивается	1
Сильная реакция: предмет сильно раскачивается, заметно смещается, разворачивается, опрокидывается, падает	2

7.5 Среднюю реакцию предметов каждого типа категории-сенсора «Предметы быта» (таблица 5) определяют согласно 5.8.

7.6 Переход от средней реакции предметов $r_п$ к интенсивности землетрясения I определяют в соответствии с приложением Г.

8 Категория-сенсор «Здания и сооружения»

8.1 К категории-сенсору «Здания и сооружения» относятся здания и сооружения, перечисленные в таблице 6. Настоящий стандарт не предназначен для определения интенсивности по реакции уникальных зданий и сооружений, гидроэлектростанций, плотин, а также атомных электростанций. Выбор зданий для обследования должен носить случайный характер.

Примечание — Если все здания подряд осмотреть не удается, следует использовать алгоритм, обеспечивающий случайность выборки, например обследовать здания, номера которых делятся на 3.

8.2 Класс сейсмостойкости определяют в соответствие с таблицей 6.

Таблица 6 — Классы сейсмостойкости категории-сенсора «Здания и сооружения»

Характеристика зданий и сооружений	Условное обозначение классов сейсмостойкости
Здания категории не ниже работоспособной: со стенами из местных строительных материалов: глинобитные без каркаса; саманные или из сырцового кирпича без фундамента; выполненные из окатанного или рваного камня на глиняном растворе и без регулярной (из кирпича или камня правильной формы) кладки в углах и т.п. Здания и сооружения ограниченной работоспособности категории технического состояния: саманные армированные с фундаментом, деревянные, рубленные «в лапу» или «в обло», из глиняного кирпича, тесаного камня или бетонных блоков на известковом, цементном или сложном растворе: сплошные ограды и стенки, трансформаторные киоски, силосные и водонапорные башни.	С6

Окончание таблицы 6

Характеристика зданий и сооружений	Условное обозначение классов сейсмостойкости
Здания и сооружения категории не ниже работоспособного технического состояния: саманные армированные с фундаментом, деревянные, рубленные «в лапу» или «в обло», из жженного кирпича, тесаного камня или бетонных блоков на известковом, цементном или сложном растворе: сплошные ограды и стенки, трансформаторные киоски, силосные и водонапорные башни. Здания и сооружения категории не ниже работоспособного технического состояния: всех видов (кирпичные, блочные, панельные, бетонные, деревянные, щитовые и др.) с антисейсмическими мероприятиями для расчетной сейсмичности 7 баллов, в т.ч. силосные и водонапорные башни, маяки, подпорные стенки, бассейны. Здания и сооружения ограниченной работоспособности категории технического состояния: здания и сооружения всех видов (кирпичные, блочные, панельные, бетонные, деревянные, щитовые и др.) с антисейсмическими мероприятиями для расчетной сейсмичности 8 баллов, в т.ч. силосные и водонапорные башни, маяки, подпорные стенки, бассейны	С7
Здания и сооружения категории не ниже работоспособного технического состояния: всех видов с проведением антисейсмических мероприятий, рассчитанные на воздействие 8 баллов. Здания и сооружения ограниченной работоспособности категории технического состояния: всех видов (кирпичные, блочные, панельные, бетонные, деревянные, щитовые и др.) с антисейсмическими мероприятиями для расчетной сейсмичности 9 баллов, в т.ч. силосные и водонапорные башни, маяки, подпорные стенки, бассейны	С8
Здания и сооружения категории не ниже работоспособного технического состояния: с проведением антисейсмических мероприятий, рассчитанные на воздействие 9 баллов	С9

Примечания

1 Оценки сейсмостойкости соответствуют нормативному техническому состоянию объектов по ГОСТ 31937.

2 Класс сейсмостойкости устанавливают с использованием результатов инженерного обследования последствий сильных землетрясений, результатов сейсмовзрывных и вибрационных испытаний натурных объектов, расчетных оценок.

3 При сочетании в одном здании или сооружении признаков двух или трех классов здание в целом следует относить к слабейшему классу. Реакция уникальных зданий и сооружений на сейсмические воздействия не учитывается.

4 К одному классу отнесены здания и сооружения с одинаковой сейсмостойкостью независимо от материала и конструкции.

5 В обозначении класса C_n символ «n» — интенсивность землетрясения в баллах настоящей шкалы, при которой средняя степень повреждения зданий и сооружений данного класса $d = 2$ (см. таблицу 7).

6 При прочих равных условиях однотипные здания и сооружения, расположенные в одинаковых грунтовых условиях, вследствие случайных факторов могут получать повреждения различной степени, распределенные по нормальному закону. Величина стандартного отклонения $\sigma(d) = 0,75$.

7 При средней повреждаемости $d = 2 – 2,3$ от общего количества зданий и сооружений получают степень повреждения $d = 3,5$.

8.3 При установлении класса сейсмостойкости необходимо учитывать:

а) поправку, учитывающую нерегулярность конструкции здания или сооружения, которая составляет:

1) при серьезном нарушении регулярности (здания Г-образной и П-образной формы) — минус 0,4,

2) при небольших нарушениях регулярности (различие в конструкции первого и последующих этажей) — минус 0,2;

б) поправку, учитывающую качество строительства, которая составляет:

1) при небольших нарушениях, отмеченных в акте приемки, — минус 0,2,

2) при плохом качестве работы, выявленном по результатам обследования, — минус 0,4;

в) поправку, учитывающую физический износ здания, которая составляет:

1) за первые 50 лет — минус 0,2,

2) за каждые следующие 10 лет — минус 0,1;

г) поправку, учитывающую перенесенные зданием землетрясения проектной интенсивности (даже если никаких заметных повреждений не обнаружено), которая составляет:

1) за одно событие — минус 0,2,

2) за два события — минус 0,5,

3) за три события — минус 0,9.

8.4 Степень повреждения отдельных зданий и сооружений при землетрясении d определяют согласно таблице 7 по результатам обследования согласно ГОСТ 31937.

Таблица 7 — Реакция отдельного здания и сооружения категории-сенсора «Здания и сооружения»

Описание реакции отдельного здания и сооружения	Степень повреждения d
Отсутствие видимых повреждений. Сотрясение здания; сыплется пыль из щелей, осыпаются чешуйки побелки	0
Слабые повреждения. Слабые повреждения отделки и ненесущих элементов здания или сооружения: тонкие трещины в штукатурке; откалывание небольших кусков штукатурки; тонкие трещины в сопряжениях перекрытий со стенами и стенового заполнения с элементами каркаса, между панелями, в разделке печей и дверных коробок; тонкие трещины в перегородках, карнизах, фронтонах, трубах. Видимые повреждения конструктивных элементов отсутствуют. Работоспособное техническое состояние по ГОСТ 31937	1
Слабые повреждения. Слабые повреждения отделки и ненесущих элементов здания или сооружения: трещины в штукатурке; откалывание небольших кусков штукатурки; трещины в сопряжениях перекрытий со стенами и стенового заполнения с элементами каркаса, между панелями, в разделке печей и дверных коробок; трещины в перегородках, карнизах, фронтонах, трубах. Видимые повреждения конструктивных элементов отсутствуют. Ограниченно работоспособное техническое состояние по ГОСТ 31937	2
Серьезные повреждения. Повреждения отделки и несущих элементов здания или сооружения: трещины в штукатурке; откалывание небольших кусков штукатурки; трещины в сопряжениях перекрытий со стенами и стенового заполнения с элементами каркаса, между панелями, в разделке печей и дверных коробок; трещины в перегородках, карнизах, фронтонах, трубах. Видимые повреждения конструктивных элементов. Аварийное состояние по ГОСТ 31937	3
Значительные повреждения. Значительные повреждения несущих элементов здания или сооружения, глубокие трещины в карнизах и фронтонах, падение дымовых труб. Значительные деформации и большие отколы бетона или раствора в узлах каркаса и в стыках панелей. Здание под снос	4
Разрушение. Обрушение несущих стен и перекрытия, полное обрушение здания или сооружения с потерей его формы	5
Примечание — В зданиях и сооружениях, возведенных с антисейсмическими мероприятиями, повреждения несущих и ненесущих элементов конструкций рассматриваются раздельно.	

8.5 Степень повреждения d зданий и сооружений каждого класса сейсмостойкости (таблица 6) и среднюю степень повреждения зданий и сооружений $d_{ср}$ определяют согласно 5.8.

8.6 Переход от средней степени повреждения зданий и сооружений $d_{ср}$ к интенсивности землетрясения I определяют в соответствии с приложением Д.

9 Категория-сенсор «Транспортные сооружения»

9.1 Для оценки интенсивности землетрясений используют транспортные сооружения, подразделяемые на три типа (таблица 8) в зависимости от их исполнения.

Таблица 8 — Тип транспортных сооружений по исполнению

Характеристика сооружений	Тип сооружений
Сооружения в сейсмостойком исполнении, построенные в текущем столетии с использованием карт общего сейсмического районирования, учитывающих редкие землетрясения разрушительной силы	А

Окончание таблицы 8

Характеристика сооружений	Тип сооружений
Сооружения пониженной сейсмостойкости, построенные во второй половине XX века по принятым в то время строительным нормам без учета редких землетрясений разрушительной силы	Б
Сооружения в обычном исполнении, построенные в XIX и в первой половине XX веков до введения в действие первых норм строительства в сейсмических районах, а также сооружения и конструкции более поздних лет постройки, на которые не распространяются требования сейсмостойкости	В

9.2 Повреждения транспортных сооружений при землетрясениях подразделяются на пять степеней (таблица 9) в зависимости от их влияния на работоспособность транспортной системы.

Таблица 9 — Степень повреждений транспортных сооружений

Состояние сооружений	Степень повреждений
Отсутствие повреждений, требующих введения ограничений на движение поездов, автомобилей и пешеходов	d_0
Повреждения, вызывающие необходимость введения ограничений на скорость движения транспортных средств и вес подвижного состава	d_1
Повреждения, требующие непродолжительного закрытия движения для выполнения ремонтных работ	d_2
Разрушение отдельных сооружений или их частей, требующее продолжительного закрытия движения для проведения восстановительных работ	d_3
Разрушение более половины объектов транспортной инфраструктуры при возможности восстановления дороги на разрушенном участке	d_4
Полное разрушение сооружений, требующее при восстановлении дороги изменения трассы с обходом разрушенного участка	d_5

9.3 Сейсмическую интенсивность оценивают в зависимости от категории транспортных сооружений по степени их повреждений по приложению Е.

10 Категория-сенсор «Трубопроводные сооружения»

10.1 К категории-сенсору «Трубопроводные сооружения» относятся магистральные и внутрипромысловые нефте- и газопроводы, продуктопроводы и водоводы (далее трубопроводы), подразделяющиеся по своим конструктивным решениям и используемым материалам на типы, перечисленные в таблице 10.

Таблица 10 — Типы категории-сенсора «Трубопроводные сооружения»

Характеристика трубопроводных сооружений	Условное обозначение типов
Подземные асбоцементные и керамические трубопроводы с раструбными или муфтовыми стыками	А
Подземные железобетонные, чугунные и пластмассовые трубопроводы с раструбными или муфтовыми стыками	Б
Подземные стальные трубопроводы со сварными или фланцевыми стыками; подземные пластмассовые трубопроводы со сварными стыками	В
Надземные стальные или пластмассовые трубопроводы со сварными стыками на рамных, стоечных или массивных (бетонных, каменных) опорах	Г

10.2 Степень повреждения трубопроводных сооружений при землетрясении ($d_{трб}$) определяют согласно таблице 11 по результатам собственных наблюдений и на основании опроса населения.

Таблица 11 — Реакция сооружений категории-сенсора «Трубопроводные сооружения»

Описание повреждений трубопроводов		Реакция на землетрясение $d_{трб}$
надземных	подземных	
Отсутствие повреждений	Отсутствие повреждений	0
Легкие повреждения: перекос рамных или стоечных опор стальных трубопроводов, несквозные трещины в железобетонных опорах с раскрытием трещины до 0,3 мм	Легкие повреждения: небольшие подвижки и деформации трубопроводов, несквозные трещины на поверхностях неметаллических трубопроводов с раскрытием трещины до 0,2 мм	1
Средние повреждения: значительное искривление стальных трубопроводов вдоль продольной оси. Одностороннее смещение трубопроводов на значительном протяжении. Деформации стенок трубопроводов. Сброс трубопроводов с опор без разрыва труб. Значительные деформации и разрушения опор	Средние повреждения: потеря устойчивости стенок стальных трубопроводов (гофрообразование) Значительные деформации участков трубопроводов. Частичная разгерметизация раструбных стыков чугунных и неметаллических трубопроводов	2
Тяжелые повреждения: разрывы стыков на стальных и пластмассовых трубопроводах. Сброс трубопроводов с опор с разрывами стыковых соединений. Падение или разрушение опор с разрывом труб	Тяжелые повреждения: разрывы фланцевых стыков стальных и пластмассовых трубопроводов. Переломы керамических и асбоцементных трубопроводов. Образование сквозных трещин и переломов в железобетонных и чугунных трубопроводах. Разрушения раструбных и муфтовых стыков трубопроводов из любых материалов	3

10.3 Интенсивность землетрясений в зависимости от степени и частоты повреждений трубопроводов на 1 км протяженности трубопровода определяют согласно приложению Ж.

11 Категория-сенсор «Природные явления»

11.1 К категории-сенсору «Природные явления» относятся эффекты землетрясений в природной среде, перечисленные в таблице 12.

Категория-сенсор «Природные явления» может использоваться при оценке интенсивности землетрясений от 4 до 12 баллов в случаях, когда иные категории-сенсоры отсутствуют или непредставительны, а также в тех случаях, когда есть основания предполагать, что интенсивность землетрясений превышала порог насыщения иных категорий-сенсоров.

11.2 Природные явления, связанные с землетрясениями, разделяются на классы согласно таблице 12.

Таблица 12 — Классы категории-сенсора «Природные явления»

Описание классов категории-сенсора «Природные явления»	Условное обозначение класса
Изменения в режиме подземных вод (появление или исчезновение источников, изменение уровня или температуры подземных вод по показаниям очевидцев)	ПЯ-1
Деформации в рыхлых грунтах по сейсмическим свойствам согласно строительным нормам и правилам [1], в том числе возникающие при разжижении грунтов на выровненных участках	ПЯ-2
Смещения на естественных склонах, сложенных рыхлыми грунтами	ПЯ-3
Смещения на естественных склонах, сложенных скальными и полускальными грунтами	ПЯ-4
Подвижки по тектоническим разрывам	ПЯ-5

Окончание таблицы 12

Описание классов категории-сенсора «Природные явления»	Условное обозначение класса
Площадные поднятия и опускания	ПЯ-6
Явления на внутренних водоемах (торошение льда, сейши, фонтанирование воды) по показаниям очевидцев	ПЯ-7
Признаки, позволяющие непосредственно оценивать параметры сейсмических воздействий (подбрасывание камней и валунов, сейсмовыбросы)	ПЯ-8
Видимые поверхностные волны по показаниям очевидцев	ПЯ-9

11.3 При оценке интенсивности землетрясений по сведениям о природных явлениях на поверхности земли их следует рассматривать в комплексе с учетом имеющейся информации о геолого-геоморфологических, гидрогеологических и метеорологических условиях в районе землетрясения.

11.4 При анализе природных явлений, связанных с землетрясениями, следует разделять косейсмические и постсейсмические эффекты.

11.5 Реакции природных объектов на землетрясение в зависимости от его интенсивности I описаны в соответствии с приложением И. Приведенные в приложении И описания эффектов землетрясений могут применяться при оценке интенсивности как современных, так и доисторических землетрясений. В последнем случае необходимо уделять особое внимание доказательству сейсмогенной природы исследуемых природных явлений.

11.6 Природные явления, связанные с землетрясениями, выявляются и описываются согласно таблице 12 и приложению И путем сопоставления материалов дистанционных съемок, выполненных до и после землетрясения, по результатам полевого обследования и опроса населения.

11.7 При описании природных явлений следует указывать их количественные параметры: длину и ширину трещин, протяженность разрывов и амплитуду смещений по ним, объем склоновых смещений и пораженность территории склоновыми процессами.

Необходимо указывать категорию грунтов, в которых произошли деформации, по сейсмическим свойствам согласно строительным нормам и правилам [1], а также ГОСТ 25100.

Необходимо устанавливать площадь массового распространения трещин, оползней, обвалов, сейсмодислокаций, связанных с разжижением грунтов, а также размеры территории, на которой проявляются тектонические площадные деформации (поднятия/опускания).

Следует указывать, наблюдались ли описываемые эффекты очевидцами землетрясения или они являются остаточными деформациями, сохраняющимися после землетрясения.

11.8 При оценке интенсивности землетрясений, равной или превышающей 10 баллов, определяющим параметром является не только масштаб отдельных проявлений остаточных деформаций, но и площадь их распространения (см. приложение И).

11.9 Интенсивность землетрясений не следует оценивать по величине отдельных экстремальных проявлений остаточных деформаций грунтов (объемам оползней и обвалов, максимальным амплитудам смещений по разрывам, ширине единичных трещин и др.), так как они могут быть обусловлены неблагоприятным сочетанием ряда факторов, в результате чего их использование приведет к завышению интенсивности землетрясения.

12 Использование сейсмологических данных для оценки сейсмической интенсивности землетрясения

12.1 Оперативные сведения о месте, силе и времени произошедшего землетрясения следует получать от геофизических организаций, а также от станций инструментального мониторинга. Оперативные оценки сейсмических эффектов предваряют специальные обследования в зоне стихийного бедствия. Оперативные оценки используются при планировании спасательных, аварийных и неотложных ремонтно-восстановительных работ, а также учитываются при внесении временных изменений в порядок движения поездов и автомобилей на железных, автомобильных и городских дорогах. Основным методом оперативных оценок является использование уравнения макросейсмического поля.

12.2 Для приблизительной оценки интенсивности произошедшего землетрясения I, баллы, допускается использовать уравнение макросейсмического поля

$$I = aM_S - b \lg(H^2 + R^2)^{0,5} + c, \quad (4)$$

где M_S — магнитуда по поверхностным волнам;

H — глубина очага, км;

R — эпицентральное расстояние, км;

a, b, c — эмпирические коэффициенты.

Полученная оценка соответствует грунтам II категории по сейсмическим свойствам согласно строительным нормам и правилам [1] (таблица 1).

12.3 При использовании уравнения макросейсмического поля данные о магнитуде, глубине очага и эпицентральном расстоянии рекомендуется получать по данным Геофизической службы Российской Академии Наук. Допускается использовать значения параметров очага, определенные другими службами.

12.4 Оценки коэффициентов a, b и c в уравнении макросейсмического поля (4) для некоторых регионов приведены в приложении К. Для регионов, в которых отсутствуют оценки значений этих коэффициентов, надлежит использовать средние значения $a = 1,5$; $b = 3,5$; $c = 3,0$.

Необходимо учитывать, что вблизи эпицентра оценки, получаемые по уравнению макросейсмического поля, в настоящее время ненадежны.

13 Инструментальные инженерно-сейсмометрические данные

13.1 Инструментальные инженерно-сейсмометрические данные применяются для оценки интенсивности землетрясения в баллах от 1 до 9,5. Интенсивности свыше 9,5 баллов вызываются не столько вибрациями грунта, сколько остаточными деформациями (во всех шкалах высокие интенсивности связывают с изменениями рельефа). При обработке инструментальных записей измеряют пиковую амплитуду колебаний PGA, PGV, PGD и ширину импульса (продолжительность) колебаний τ. Во всех случаях используют максимальную горизонтальную компоненту записи.

Определение интенсивности землетрясения проводится с учетом следующих параметров движения грунта: PGA, PGV, PGD, а также произведений PGA · $\tau^{0,5}$ (аналог интенсивности по Ариасу) и PGA · PGV (мощность сейсмической волны).

13.2 Определение интенсивности на основании инструментальных данных проводят для дневной поверхности.

13.3 Среднеарифметические значения PGA, PGV, PGD, PGA · $\tau^{0,5}$, PGA · PGV и соответствующие суммарные стандартные отклонения $\sigma(I)$ интенсивности и параметра, а также весовые функции f приведены в приложении Б.

13.4 Сейсмический эффект усиливается при совпадении преобладающего периода колебаний грунта и периода собственных колебаний сооружения.

13.5 Преобладающий период T колебаний грунта (ускорения) грунта определяют по формулам:

для дальней зоны ($I < 8$)

$$\lg T = 0,16M_S + 0,25 \lg R + C - 2,0 \pm 0,2; \quad (5)$$

для ближней зоны ($I > 7$)

$$\lg T = 0,33M_S - 2,75 \pm 0,2, \quad (6)$$

где M_S — магнитуда землетрясения;

R — кратчайшее расстояние от поверхности разлома, км;

C — коэффициент, равный –0,10 для взбросов, 0,00 — для сдвигов, 0,10 — для сбросов.

13.6 Определение периодов тона собственных колебаний зданий и сооружений до и после землетрясений осуществляют в соответствии с ГОСТ Р 54859.

13.7 Продолжительность колебаний (ускорения) грунта определяют по формулам:

для дальней зоны ($I < 8$)

$$\lg \tau = 0,16M_S + 0,5 \lg R + C_S + C_G - 1,39 \pm 0,3; \quad (7)$$

для ближней зоны ($I > 7$)

$$\lg \tau = 0{,}33M_S - 1{,}63 \pm 0{,}3, \quad (8)$$

где M_S — магнитуда;

R — кратчайшее расстояние до поверхности разлома, км;

C_S — коэффициент, равный –0,25 для взбросов, 0,00 — для сдвигов и 0,25 — для сбросов;

C_G — коэффициент, равный –0,15 для грунтов 1-й категории, 0,00 — для грунтов 2-й категории и 0,4 — для грунтов 3-й категории.

Приложение А
(справочное)

Классификация землетрясений по интенсивности в шкалах ШСИ-17, EMS-98, MSK-64

Таблица А.1

Интенсивность землетрясения, баллы	Характеристика по ШСИ-17	Характеристика по EMS-98	Характеристика по MSK-64
1	Неощутимое	Not felt	Неощутимое
2	Едва заметное	Scarcely felt	Едва ощутимое
3	Слабое	Weak	Слабое
4	Ощутимое	Largely observed	Заметное
5	Умеренное	Strong	Пробуждение
6	Значительное	Slightly damaging	Испуг
7	Сильное	Damaging	Повреждния зданий
8	Очень сильное	Heavily damaging	Сильные повреждения зданий
9	Разрушительное	Destructive	Всеобщие повреждения зданий
10	Катастрофическое	Very destructive	Всеобщие разрушения зданий
11	Опустошительное	Devastating	Катастрофа
12	Сильнейшая природная катастрофа	Completely devastating	Изменения рельефа

Приложение Б
(справочное)

Оценка интенсивности землетрясения по значениям параметров колебаний грунта

Таблица Б.1 — Эмпирические значения параметров движений грунта при интенсивностях землетрясения 5 баллов и менее, стандартные отклонения $\sigma(I)$, соответствующие случайным вариациям параметров и интенсивности, весовые функции f

Параметр	$\sigma(I)$	f	Интенсивность землетрясения I, баллы								
			1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
PGA, см/с^2	1,2	0,8	0,44	0,7	1,1	1,75	2,8	4,4	7,0	11,0	17,5
PGV, см/с	1,1	0,9	0,017	0,029	0,050	0,086	0,15	0,25	0,44	0,75	1,3
PGD, см	1,4	0,7	0,0003	0,00059	0,0013	0,0028	0,0062	0,014	0,030	0,063	0,14
PGA $\cdot$ $\tau^{0,5}$, см/с^{1,5}	0,7	1,4	0,95	1,5	2,4	3,8	6,0	9,5	15	24	38
PGA $\cdot$ PGV, см^2/с^3	0,52	1,9	0,042	0,101	0,240	0,576	1,152	2,76	6,64	15,92	38,22

Таблица Б.2 — Значения параметров движений грунта в инженерном диапазоне интенсивности землетрясения (I = 5,5 – 9,5), стандартные отклонения $\sigma(I)$, соответствующие случайным вариациям параметров и интенсивности, весовые функции f

Параметр	$\sigma(I)$	f	Интенсивность землетрясения I, баллы								
			5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5
PGA, см/с^2	0,60	2,0	28,0	44	70	110	180	280	440	700	1100
PGV, см/с	0,55	2,1	2,2	3,8	6,5	11	19	33	57	98	170
PGD, см	0,70	1,6	0,30	0,66	1,4	3,2	7	15	33	72	160
PGA $\cdot$ $\tau^{0,5}$, см/с^{1,5}	0,35	3,0	60	95	150	240	380	605	955	1516	2400
PGA $\cdot$ PGV, см^2/с^3	0,26	4,0	10^2	$2,4 \cdot 10^2$	$5,8 \cdot 10^2$	$1,4 \cdot 10^3$	$3,3 \cdot 10^3$	$8 \cdot 10^3$	$1,9 \cdot 10^4$	$4,6 \cdot 10^4$	$1,1 \cdot 10^5$

Примечания

1 PGA, PGV, PGD — средние значения пикового ускорения, скорости и смещения, поэтому при использовании этих величин следует применять и среднюю величину продолжительности τ = 5 с.

2 Значения PGD могут быть несколько заниженными, поскольку частотные характеристики акселерометров не рассчитаны на регистрацию больших периодов.

3 В таблицах Б.1 и Б.2 приведены средние значения соответствующих параметров. Оценки интенсивности с округлением до 0,1 балла для осреднения с макросейсмическими оценками интенсивности проводят по формулам:

$$I = 2,50 \lg(\text{PGA}) + 1,89 \pm 0,6; \quad (Б.1)$$

$$I = 2,13 \lg(\text{PGV}) + 4,74 \pm 0,55; \quad (Б.2)$$

$$I = 1,47 \lg(\text{PGD}) + 6,26 \pm 0,7; \quad (Б.3)$$

$$I = 2,5 \lg(\text{PGA}) + 1,25 \lg\tau + 1,05 \pm 0,35; \quad (Б.4)$$

$$I = 1,325 \lg(\text{PGA} \cdot \text{PGV}) + 2,83 \pm 0,26. \quad (Б.5)$$

Приложение В
(обязательное)

Оценка интенсивности землетрясения по реакции людей

Таблица В.1

Интенсивность землетрясения I, баллы	Реакция людей на землетрясение	Прочие признаки	Средняя оценка реакции $r_л$
1	Ощущается отдельными людьми, находящимися на верхних этажах 5- и 6 - этажных зданий	—	$r_{л1} = 0,1$
2	Ощущается отдельными людьми, находящимися в покое в помещениях. Не ощущается вне помещений	—	$r_{л1} = 0,1$
3	Ощущается большинством людей, занятых какой-либо деятельностью внутри зданий. Некоторые люди, находящиеся в покое, чувствуют покачивание и/или легкое дрожание. Не ощущается людьми, находящимися на улице	Колебания схожи с сотрясениями от движения легкого транспорта, часто не ощущаются как землетрясение	$r_{л1} = 0,3$, $r_{л2} = 0,1$
4	Многие люди, находящиеся в зданиях, и некоторые, находящиеся на улице, ощущают легкое дрожание или покачивание. Некоторые люди, находящиеся в зданиях, просыпаются. Люди, находящиеся в стоящих автомобилях, могут почувствовать толчки. Уровень сотрясений не пугает	Колебания схожи с сотрясениями от движения тяжелого грузовика	$r_{л1} = 1,0$, $r_{л2} = 0,5$, $r_{л3} = 0,05$
5	В помещении ощущается всеми, на улице — некоторыми. Отдельные люди пугаются и выбегают на улицу. Многие спящие просыпаются. Многие люди в автомобилях чувствуют толчки	Ощущается сотрясение здания в целом	$r_{л1} = 2,2$; $r_{л2} = 1,4$; $r_{л3} = 0,5$; $r_{л4} = 0,05$
6	Ощущается всеми внутри зданий, в автомобилях и многими снаружи. Некоторые люди теряют равновесие. Многие пугаются и выбегают на улицу	—	$r_{л1} = 3,5$; $r_{л2} = 2,9$; $r_{л3} = 1,8$; $r_{л4} = 0,5$
7	Большинство людей пугаются и выбегают из здания. Многим в помещении трудно стоять	—	$r_{л1} = 4,5$; $r_{л2} = 4,3$; $r_{л3} = 3,4$; $r_{л4} = 1,8$
8	Многим людям трудно стоять даже на улице. Отношение количества раненых к количеству погибших 5,5—18; среднее значение 10*	—	$r_{л1} = 5,3$; $r_{л2} = 5,0$; $r_{л3} = 4,8$; $r_{л4} = 3,7$
9	Отношение количества раненых к количеству жертв 1,8—5,4; среднее значение 3*	—	—
10	Отношение количества раненых к количеству жертв 0,7—1,4; среднее значение 1,0*	—	—
* Оценки для случаев преобладания зданий класса С7 (см. таблицу 6 настоящего стандарта).			

Приложение Г
(обязательное)

Оценка интенсивности землетрясения по реакции предметов быта

Таблица Г.1

Сейсмическая интенсивность I, баллы	Реакция предметов на землетрясение	Прочие признаки	Средняя оценка реакции $r_п$
1	На первом и цокольном этажах не реагируют	—	$r_{п0} = 0,15$
2	Отдельные висячие предметы слегка покачиваются	—	$r_{п1} = 0,15$
3	Некоторые висячие предметы раскачиваются; отдельные неустойчивые предметы сдвигаются	—	$r_{п1} = 0,3$, $r_{п2} = 0,05$
4	Многие висячие предметы раскачиваются; некоторые неустойчивые предметы сдвигаются. Отдельные устойчивые предметы сдвигаются	Легкий скрип полов и стен; заметно легкое колебание жидкости в открытых сосудах. Дребезжание окон, стекол шкафов, посуды, легкое колебание жидкости в открытых сосудах	$r_{п1} = 0,9$, $r_{п2} = 0,3$, $r_{п3} = 0,05$
5	Большинство висячих предметов сильно раскачивается; многие неустойчивые предметы сдвигаются, отдельные падают; некоторые устойчивые предметы сдвигаются	В отдельных случаях останавливаются маятниковые часы, распахиваются и захлопываются незапертые двери и окна, из наполненных открытых сосудов слегка выплескивается жидкость	$r_{п1} = 1,7$, $r_{п2} = 0,9$, $r_{п3} = 0,3$, $r_{п4} = 0,05$
6	Большинство неустойчивых предметов сдвигается, падает; многие устойчивые предметы сдвигаются. Отдельные устойчивые тяжелые предметы сдвигаются	Звон малых колоколов	$r_{п2} = 1,8$, $r_{п3} = 1,0$, $r_{п4} = 0,2$, $r_{п5} = 0,05$
7	Большинство устойчивых предметов сдвигается; многие тяжелые устойчивые предметы сдвигаются; отдельные малоподвижные устойчивые предметы сдвигаются	На высоких звонницах звон больших колоколов	$r_{п3} = 1,8$, $r_{п4} = 1,0$, $r_{п5} = 0,2$
8	Большинство тяжелых устойчивых предметов сдвигается; многие малоподвижные предметы сдвигаются	Телеграфные столбы отклоняются от вертикали	$r_{п4} = 1,8$, $r_{п5} = 1,0$
9	Большинство малоподвижных предметов сдвигается	У деревьев ломаются сучья	$r_{п5} = 1,8$

Приложение Д
(обязательное)

Оценка интенсивности землетрясения по средней степени повреждения зданий

Таблица Д.1

Сейсмическая интенсивность I, баллы	Степень повреждения зданий			
	Класс сейсмостойкости сооружений			
	С9	С8	С7	С6
6	0,2	0,6	1,0	2,0
7	0,8	1,2	2,0	3,4
8	1,4	2,0	3,0	5,0
9	2,0	2,8	4,0	5,0
Примечание — Приведенные значения средних степеней повреждения соответствуют зданиям работоспособного технического состояния по ГОСТ 31937.				

Приложение Е
(рекомендуемое)

Оценка интенсивности землетрясения по реакции транспортных сооружений

Таблица Е.1

Сейсмическая интенсивность I, баллы	Степень повреждений		
	Тип транспортных сооружений		
	А	Б	В
6	d_0	d_0	d_1
7	d_0	d_1	d_2
8	d_1	d_2	d_3
9	d_2	d_3	d_4
10	d_3	d_4	d_5

Примечание — Сооружения, имевшие до землетрясения предаварийное состояние, а также ограничения на вес и скорость движения транспортных средств в связи со значительным физическим износом (ограниченно-работоспособным состоянием), при оценке сейсмической интенсивности не рассматриваются.

Приложение Ж
(рекомендуемое)

Оценка интенсивности землетрясения по реакции трубопроводов и частота повреждений на 1 погонный км

Таблица Ж.1

Сейсмическая интенсивность I, баллы	Реакция трубопроводов (количество повреждений на 1 погонный км)			
	Тип трубопроводов			
	А (подземные)	Б (подземные)	В (подземные)	Г (надземные)
7	1 – 2 (2 – 5)	—	—	—
8	2 – 3 (5 – 10)	2 (5 – 10)	1 – 2 (2 – 5)	1 – 2 (5 – 10)
9	3 (>10)	2 – 3 (>10)	2 (5 – 10)	2 – 3 (>10)

Примечание — Табличные значения относятся к подземным трубопроводам со сроком эксплуатации не более 30 лет, надземным — не более 40 лет.

Приложение И
(обязательное)

Оценка интенсивности землетрясения по реакции природных объектов

Таблица И.1

Сейсмическая интенсивность I, баллы	Класс природного явления	Описание сейсмических эффектов
Менее 4	—	Явлений на поверхности земли не отмечается
4	ПЯ-1	Иногда наблюдается изменение дебита источников
	ПЯ-7	В водоемах со стоячей водой регистрируются сантиметровые сейши
5	ПЯ-1	Заметное изменение дебита источников
	ПЯ-2	В рыхлых водонасыщенных грунтах по берегам водоемов возможно образование видимых трещин шириной до 5 см
	ПЯ-4	В горных районах наблюдаются небольшие камнепады
	ПЯ-7	В водоемах со стоячей водой наблюдаются сейши высотой до 10 см
6	ПЯ-1	Заметное изменение дебита источников и колебания уровня воды в колодцах
	ПЯ-2	В рыхлых грунтах происходит образование видимых трещин шириной до первых десятков сантиметров, незначительные оползни на берегах рек и каналов; возможно разжижение грунтов и выброс водонасыщенных песков
	ПЯ-3	В горных районах имеют место оползни до нескольких тысяч кубометров
	ПЯ-4	В горных районах происходят камнепады и обвалы объемом до нескольких сотен кубометров
	ПЯ-7	На поверхности водоемов — сейши высотой до десятков сантиметров, а также выплескивание воды из замкнутых водоемов
7	ПЯ-1	Могут исчезать или появляться новые источники; изменяться дебит источников и уровень воды в колодцах
	ПЯ-2	В рыхлых грунтах образуются трещины (в редких случаях шириной до метра), оползни на крутых берегах водоемов, может происходить разжижение грунтов и выброс водонасыщенных песков
	ПЯ-3	Образуются оползни объемом до 100000 м^3
	ПЯ-4	В горных районах происходят камнепады, иногда обвалы объемом до первых тысяч кубических метров
	ПЯ-5	В эпицентральных зонах возможны подвижки по тектоническим разрывам на протяжении нескольких километров. Остаточные деформации D_o (амплитуды смещений) до нескольких десятков сантиметров
	ПЯ-7	На поверхности водоемов происходит большое волнение, вода мутнеет от ила, крайне редко наблюдается фонтанирование. На поверхности замерзших водоемов может происходить растрескивание, реже торошение льда
	ПЯ-9	На выровненных, хорошо просматриваемых участках во время землетрясения могут наблюдаться земляные волны
8	ПЯ-1	Изменяется дебит источников и уровень воды в колодцах, исчезают ранее существовавшие и появляются новые источники. Может изменяться температура воды в источниках

Продолжение таблицы И.1

Сейсмическая интенсивность I, баллы	Класс природного явления	Описание сейсмических эффектов
8	ПЯ-2	В рыхлых грунтах образуются трещины шириной до 1 м. Наблюдается выброс водонасыщенных песков с образованием грифонов
	ПЯ-3	В равнинных районах происходят оползни на крутых склонах, осовы и оползни лессов и лессовидных суглинков на пологих склонах. В горных районах происходит массовое образование оползней, крупнейшие из которых иногда достигают в объеме первых миллионов кубических метров
	ПЯ-4	В горных районах много обвалов, может происходить формирование оползней скальных грунтов объемом до первых миллионов кубических метров
	ПЯ-5	В эпицентральных зонах могут происходить подвижки по тектоническим разрывам на протяжении до первых десятков километров и с амплитудами смещений (D_o) до 1 м
	ПЯ-6	Возможны поднятия и опускания поверхности (D_o) на площади в несколько квадратных километров с величиной смещения до 1 м, обычно на территориях, примыкающих к выходу на дневную поверхность тектонических разрывов
	ПЯ-7	На поверхности водоемов возникают большие волны, вода мутнеет от ила, редко происходит фонтанирование. На поверхности замерших водоемов наблюдается сильное растрескивание и торошение льда. Возникают деформации донных осадков
	ПЯ-9	На выровненных участках во время землетрясения могут наблюдаться земляные волны
9	ПЯ-1	Изменяется дебит источников и уровень воды в колодцах, исчезают ранее существовавшие и появляются новые источники. Может изменяться температура воды в источниках
	ПЯ-2	Происходит массовое развитие трещин шириной до 1 м и иногда более в рыхлых грунтах, разжижение грунтов, образование грязевых и песчаных вулканчиков (грифонов) и просадок
9	ПЯ-3, ПЯ-4	Имеют место значительные оползневые деформации на берегах естественных и искусственных водоемов в равнинных районах. Массовые обвалы покровных и скальных грунтов в горных районах; при этом объем отдельных оползней может достигать десятков и сотен миллионов кубических метров, возможно до первых кубических километров
	ПЯ-5	Могут происходить подвижки по тектоническим разрывам (D_o) на протяжении десятков (до 100) километров с амплитудой до нескольких метров
	ПЯ-6	Могут возникать поднятия и опускания (D_o) до нескольких метров в зонах протяженностью до десятков километров и шириной до первых километров, обычно примыкающих к выходу на поверхность тектонических разрывов
	ПЯ-7	На поверхности водоемов наблюдаются волны, вода мутнеет от ила, возможно фонтанирование, весьма часто значительное. Происходит массовое растрескивание и торошение льда на поверхности замерзших водоемов и возникают значительные деформации донных осадков
	ПЯ-8	Возможно подбрасывание камней и валунов
	ПЯ-9	Во время землетрясения на выровненных участках наблюдаются хорошо выраженные земляные волны
10	ПЯ-1	Изменяется дебит источников и уровень воды в колодцах, исчезают ранее существовавшие и появляются новые источники. Может изменяться температура воды в источниках

Продолжение таблицы И.1

Сейсмическая интенсивность I, баллы	Класс природного явления	Описание сейсмических эффектов
10	ПЯ-2	Происходит массовое развитие трещин шириной до 1 м и более в рыхлых грунтах. Имеют место многочисленные выбросы песка, фонтанирование грунтовых вод, значительные просадки водонасыщенных грунтов, иногда приводящие к наводнениям в равнинных районах; происходит разжижение грунтов со значительным содержанием гравия и гальки
	ПЯ-3, ПЯ-4	Наблюдаются многочисленные, иногда крупные, оползни в равнинных районах; многочисленные обвалы и оползни покровных и скальных грунтов, каменные и земляные лавины в горных районах. Отдельные скальные оползни могут достигать объема до нескольких кубических километров
	ПЯ-5	В эпицентральных зонах происходят подвижки по тектоническим разрывам (D_o) на протяжении до 100 км с амплитудой до 10 м
	ПЯ-6	Имеют место тектонические поднятия и опускания (D_o) территории на площади 10^2—10^3 км^2 с амплитудой до нескольких метров
	ПЯ-7	На поверхности всех водоемов возникает сильное волнение, вода мутнеет от ила, наблюдается фонтанирование. Повсеместно наблюдаются массовое растрескивание и торошение льда на поверхности замерзших водоемов и значительные деформации в донных осадках
	ПЯ-8	Происходит подбрасывание камней и валунов, образование сейсмовыбросов
	ПЯ-9	Во время землетрясения на выровненных участках наблюдаются хорошо выраженные земляные волны, которые могут сохраняться в виде остаточных деформаций
	Примечание — Площадь, на которой наблюдаются заметные нарушения на поверхности земли (типы ПЯ-2 — ПЯ-5, ПЯ-7), составляет 100—1000 км^2.	
11	ПЯ-1	Изменяется дебит источников и уровень воды в колодцах, исчезают ранее существовавшие и появляются новые источники. Может изменяться температура воды в источниках
	ПЯ-2, ПЯ-3, ПЯ-4	Имеют место большие деформации покровных и скальных грунтов, многочисленные крупные обвалы и оползни, большие наводнения, связанные с разжижением грунтов, просадками и выбросами. Разжижение проявляется в грунтах со значительным содержанием гальки
	ПЯ-5	В эпицентральных зонах происходят подвижки по тектоническим разрывам (D_o) на протяжении до нескольких сотен километров с амплитудой подвижек до 10—15 м
	ПЯ-6	Тектонические поднятия и опускания (D_o) с амплитудой до нескольких метров на площади 10^3—10^4 км^2
	ПЯ-7	На поверхности водоемов наблюдаются волны, вода мутнеет от ила, возможно фонтанирование. Происходят массовое растрескивание и торошение льда на поверхности замерзших водоемов и значительные деформации в донных осадках
	ПЯ-8	Происходит подбрасывание камней и валунов, образование сейсмовыбросов, может происходить скалывание вершин гор
	ПЯ-9	Во время землетрясения наблюдаются хорошо выраженные земляные волны, которые могут сохраняться в виде остаточных деформаций
	Примечание — Площадь, на которой наблюдаются заметные нарушения на поверхности Земли (типы ПЯ-2 — ПЯ-5, ПЯ-7), составляет 10^3—10^4 км^2. Оценка интенсивности таких землетрясений требует специального исследования.	

Окончание таблицы И.1

Сейсмическая интенсивность I, баллы	Класс природного явления	Описание сейсмических эффектов
12	ПЯ-2—ПЯ-9	На поверхности земли наблюдаются те же явления, что и при землетрясениях интенсивностью 11 баллов, но на бóльшей площади (до нескольких десятков тысяч квадратных километров)
	Примечание — Интенсивность 12 баллов возможна при землетрясениях с очагами в земной коре и с магнитудами более 8,0. Оценка их интенсивности требует специальных исследований.	

Приложение К
(рекомендуемое)

Средние значения коэффициентов в уравнении макросейсмического поля для различных регионов

Таблица К.1

Регион	Коэффициенты		
	a	*b*	*c*
Калининградская область	1,4	2,7	3,4
Ленинградская область	1,4	2,7	3,4
Северный Кавказ	1,6	3,1	2,2
Дагестан	1,5	3,6	3,1
Прибайкалье	1,5	4,0	4,0
Камчатка	1,5	2,6	2,5
Курильские острова	1,5	4,5	4,5
Сахалин	1,6	4,3	3,3
Примечание — Значения коэффициентов могут различаться в различных направлениях.			

Библиография

[1] Строительные нормы и правила СНиП II-7—81* Строительство в сейсмических районах

УДК 69+699.841:006.354 ОКС 91.100.10

Ключевые слова: землетрясения, шкала сейсмической интенсивности, макросейсмическая шкала, сейсмостойкость, сейсмическое воздействие, степень повреждения, преобладающий период колебаний, продолжительность колебаний, ускорение, скорость, смещение, мощность, энергия

БЗ 2—2017/18

Редактор *Л.И. Нахимова*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *С.И. Фирсова*
Компьютерная верстка *Л.А. Круговой*

Сдано в набор 21.07.2017. Подписано в печать 03.08.2017. Формат 60×84 1/8. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 3,72. Уч.-изд. л. 3,36. Тираж 23 экз. Зак. 1267.
Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Издано и отпечатано во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123001 Москва, Гранатный пер., 4.

gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru