

Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии		
полное наименование национального органа Российской федерации по стандартизации (НОСТ)		
	НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ (проект)	ГОСТ Р *
		регистрационный номер **
		год утверждения (регистрации) ***
ШКАЛА ИНТЕНСИВНОСТИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ		
Издание официальное		
<i>Выходные данные: место выпуска издания, имя издателя и год выпуска издания</i>		
выходные данные по ГОСТ 7.4 (пункт 3.3.6)		

Предисловие

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. N 184-ФЗ «О техническом регулировании», а правила применения национальных стандартов Российской Федерации – ГОСТ Р 1.0-2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Основные положения»

Сведения о стандарте

1 РАЗРАБОТАН рабочей группой, созданной ОАО «Геомаркетинг», в составе: ОАО «Производственный и научно-исследовательский институт по инженерным изысканиям в строительстве» (ОАО «ПНИИС»), Учреждение Российской академии наук Институт физики Земли им. О.Ю.Шмидта РАН (ИФЗ РАН), Институт земной коры Сибирского отделения Российской академии наук (ИЗК СО РАН), Федеральное государственное унитарное предприятие «Научно-технический центр по сейсмостойкому строительству и инженерной защите от стихийных бедствий» (ФГУП НТЦСС), ООО "Центр геодинамических исследований (ЦГИ)", ООО Инженерный центр «Проектирование обследование испытание строительных конструкций» ООО «ИЦ "ПОИСК"», при участии (ТК 465)

2 ВНЕСЕН Управлением технического регулирования и стандартизации Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от №

4 ВЗАМЕН ГОСТ 6249-52 «Шкала для определения силы землетрясения в пределах от 6 до 9 баллов»

5 Настоящий стандарт составлен на основе шкалы MSK-64 и последующих ее модификаций и гармонизирован с Европейской Макросейсмической Шкалой 1998.

Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты», а текст изменений и поправок – в ежемесячно издаваемых информационных указателях «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ежемесячно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования –

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений
на официальном сайте национального органа Российской Федерации по стандартизации в
сети Интернет

Оглавление

Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений	5
Приложение 1. Критический анализ шкал MSK-64 и EMS-98	123
Приложение 2. Перспективные методы построения макросейсмической шкалы, основанной на оценках уязвимости зданий	128
Приложение 3. Выводы	210

Шкала интенсивности землетрясений

1 Область применения

Настоящей шкалой интенсивности землетрясений надлежит руководствоваться при оценке интенсивности произошедших землетрясений, при составлении документов общего и детального сейсмического районирования и сейсмического микрорайонирования, а также при оценке возможных социально-экономических последствий ожидаемых землетрясений.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

СНиП II-7-81* «Строительство в сейсмических районах»

ГОСТ 6249-52 «Шкала для определения силы землетрясения в пределах от 6 до 9 баллов».

Примечание – При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования – на официальном сайте национального органа Российской Федерации по стандартизации в сети Интернет или по ежегодно издаваемому информационному указателю "Национальные стандарты", который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим ежемесячно издаваемым информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться замененным (измененным) документом. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

3.1	глубина очага:	По инструментальным данным это глубина точки начала вспарывания разрыва. По макросейсмическим данным это глубина центра области, излучающей сейсмическую энергию.
3.2	детальное сейсмическое районирование (ДСР):	Оценка сейсмической опасности, как в терминах сейсмической интенсивности, так и в параметрах сейсмических колебаний для конкретного объекта (как отдельного сооружения, так и комплекса инженерных сооружений, и даже некоторой территории). Детальность исследований должна обеспечить выделение зон возникновения очагов землетрясений (зон ВОЗ), более низких рангов по сравнению с выделяемыми при общем сейсмическом районировании, что обеспечивается проведением полевых работ методами геологии, геофизики, геодезии и др.
3.3	землетрясение:	Колебания Земли, вызванные внезапным высвобождением потенциальной энергии земных недр. Освобождение энергии сопровождается разрывом и смещением твердого вещества в очаге 3. Напряжения, вызванные тектоническими силами, накапливаются в течение длительного времени - годы, десятки и сотни лет. Различают также землетрясения импактные (удары метеоритов), обвальные (карстовые), морозобойные, техногенные.
3.4	интенсивность (балльность) землетрясения:	Оценка силы сотрясения на поверхности земли в пункте наблюдения, измеряемая в баллах макросейсмической шкалы. Определяется по реакции на сотрясения людей, предметов быта, сооружений и объектов природной среды, а также по показаниям сейсмометров
3.5	магнитуда землетрясения:	Мера величины землетрясения, основанная в общем случае на оценках логарифма максимальной амплитуды грунта, соответствующего видимого периода и расстояния от эпицентра до пункта наблюдения. Существуют различные шкалы магнитуд, отличающиеся использованием волн различного типа, типа аппаратуры и методикой измерений. Оценки магнитуд по различным шкалам в общем случае не совпадают.
3.6	макросейсмическая шкала (шкала сейсмической	Шкала для определения интенсивности землетрясений на поверхности Земли в баллах и для оценки ожидаемых параметров движения грунта при будущих землетрясениях с заданной интенсивностью. Оценка силы сотрясения на поверхности земли в

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

	интенсивности) :	пункте наблюдения производится путем статистической обработки реакции различных объектов, описанных в шкале. Основными объектами являются люди, предметы быта, здания и сооружения, окружающая среда, а также инструментальные оценки параметров сейсмического движения грунта. М. ш. используется при изучении происшедших землетрясений, при составлении документов общего и детального сейсмического районирования, сейсмического микрорайонирования, а также при оценке возможных последствий ожидаемых землетрясений
3.7	общее сейсмическое районирование (ОСР)	Один из методов сейсмического районирования для целей планирования развития регионов, размещения и проектирования промышленных объектов в масштабах страны и крупных регионов. Исходная информация для ОСР черпается, гл. обр., из фондовых материалов. ОСР ведется с использованием методов сейсмологии, геологии, геофизики, геохимии, геодезии.
3.8	объекты-индикаторы:	Человек и объекты его искусственного и природного окружения, чувствительные к землетрясениям, реакцию которых можно использовать для оценки сейсмической интенсивности
3.9	очаг землетрясения:	Объем геологической среды, где происходят разрывы пород и высвобождение упругих напряжений. Поскольку предельная прочность среды варьирует в ограниченных пределах, именно объем очага определяет энергию и магнитуду землетрясения. Место в очаге, в котором начинается разрыв, называется гипоцентром (фокусом) землетрясения, а его проекция на земную поверхность - эпицентром.
3.10	микрорайонирование сейсмическое (СМР)	- Вид <i>сейсмического районирования</i> , при котором учитывается влияние грунтовых условий (т.е. состава и строения верхней части геол. разреза, физико - механических свойств грунтов, гидрогеологических - гл. обр. уровня грунтовых вод - и геоморфологических - в первую очередь рельефа - особенностей участка районирования) на параметры <i>сейсмических воздействий</i> . Исходные параметры сейсмичности, определяемые по карте общего сейсмического районирования или в результате проведения работ по детальному сейсмическому районированию, относятся к средним грунтовым условиям. Методика

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

		микрорайонирования состоит в изучении особенностей геол. строения площадки, отличающихся от этих средних условий, с помощью комплекса инженерно - геол. и геофизических (гл. обр., сейсморазведочных) исследований строения и свойств грунтов на площадке, а также сейсмологической регистрации слабых землетрясений и микросейсм и расчетных методов, целью которых является уточнение параметров сейсмических воздействий на площадке районирования. Результаты микрорайонирования отображаются на картах м - ба 1:25 000 - 1:5000.
3.11	сейсмическая уязвимость:	В экономике - отношение ожидаемых затрат на восстановление объектов, подверженных землетрясению, к их первоначальной стоимости. В строительном деле – характеристика способности зданий переносить сейсмические воздействия.
3.12	сейсмическая опасность:	Вероятность появления на заданной территории в течение заданного интервала времени заданных сейсмических воздействий (на картах ОСР-97-А, В, С, вероятности превышения составляют соответственно 10%, 5%, 1% на заданной территории в интервале времени 50 лет).
3.13	сейсмичность:	Распределение в пространстве и во времени очагов землетрясений разных магнитуд; в строительстве термин С. употребляется в смысле сейсмического эффекта на земной поверхности
3.14	сейсмостойкость:	Характеристика способности здания или инженерного сооружения переносить сейсмические воздействия (выраженных интенсивностью в баллах), при которых средняя степень повреждения зданий данного класса равна $d=2$. Поскольку распределение повреждаемости описывается нормальным законом, 5% от общего количества зданий могут получить степень повреждения $d = 3,5$, при которой обеспечивается безопасность людей
3.15	сотрясения:	Движения почвы, вызываемые землетрясением или проявлениями промышленной сеймики, иногда приводящие к каким-либо дефектам в строительных сооружениях и природной среде, ощущаемые людьми в разной степени и в разных формах их

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

		проявления (покачивание, дрожание, дребезжание, вибрация, подкидывание, толчок, удар и т. п.)
3.16	сейсмический эффект:	Последствия землетрясения, проявляемые в каком-либо виде на объектах-индикаторах, и описываемые наблюдаемыми признаками (ощущения, повреждения, вторичные явления)

ЧАСТЬ 1. МАКРОСЕЙСМИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

4 Общие положения

4.1 В шкале интенсивности землетрясений рассматриваются следующие аспекты:

- объекты-индикаторы;
- сейсмостойкость объектов- индикаторов;
- повреждаемость объектов- индикаторов;
- вероятность проявления эффекта;
- весовые коэффициенты различных объектов- индикаторов.

4.2 Выявление и описание реакций объектов- индикаторов на произошедшее землетрясение, их упорядочение и классификация для назначения интенсивности следует выполнять на основании обследования последствий землетрясения осуществляемого квалифицированными специалистами по единой методике, утверждаемой в установленном порядке. Полученные макросейсмические оценки интенсивности рекомендуется сравнивать с оценками интенсивности этих событий, полученными инструментальным путем. В случае расхождения этих оценок более чем на 1 балл необходимо устанавливать причины такого расхождения и проводить более детальные исследования.

4.3 Не следует оценивать (назначать) интенсивность сотрясений по величине отдельных экстремальных проявлений сейсмического эффекта .

4.4 Процедуры сбора, обработки и использования данных, привлекаемых для назначения интенсивности (в том числе оценка надежности этих данных), способы получения наиболее достоверного результата, должны быть формализованы.

4.5 Оценка интенсивности по отдельному объекту производится в целочисленных значениях балльности. При статистической обработке множества объектов, возможно получение дробных оценок средней повреждаемости и средней интенсивности.

4.6 Объекты-индикаторы подразделяются на группы, располагаемые в порядке уменьшения их чувствительности к землетрясению:

- инструментальные данные о сильных движениях;

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

- люди;
- предметы быта;
- здания и сооружения;
- транспортные и сетевые сооружения;
- объекты и явления природной среды.

4.7 В шкале интенсивности землетрясений следует использовать следующие исходные данные:

- статистические макросейсмические данные о реакции на землетрясение следующих видов объектов-индикаторов: зданий; людей; предметов быта;
- описательные макросейсмические данные: о реакции на землетрясения линейных сооружений; о природных явлениях на поверхности Земли;
- инструментальные (инженерно-сейсмометрические) данные: измеренные в пункте определения интенсивности максимальные ускорения, скорости и смещения сейсмических колебаний грунта, их продолжительность, а также остаточные смещения;
- сейсмологические данные, используемые в уравнении макросейсмического поля: магнитуа землетрясений, глубина очага и эпицентрального расстояние до пункта определения интенсивности.

4.8 Интенсивность землетрясений I оценивается в баллах в соответствии с таблицей 4.1.

Таблица 4.1

Интенсивность I	
Качественная характеристика	Количественная характеристика, баллы
Неощутимое (not felt)	1
Едва ощутимое (scarcely felt)	2
Слабое (weak)	3
Общезаметное (largely observed)	4
Сильное (strong)	5
Легко повреждающее (slightly damaging)	6
Повреждающее (damaging)	7
Значительно повреждающее (heavily damaging)	8
Разрушительное (destructive)	9
Очень разрушительное (very destructive)	10
Опустошительное (devastating)	11
Уничтожающее (completely devastating)	12

5 Объект-индикатор – «Люди»

5.1 В зависимости от ситуации, в которой находились люди до или после землетрясения, они подразделяются согласно таблице 5.1.

Таблица 5.1

Ситуация	Условное обозначение ситуации
До землетрясения	
Люди, находящиеся на верхних этажах многоэтажных зданий	Л0
Чувствительные люди, находящиеся в помещении, в покое	Л1
Обычные люди в помещении: спящие, движущиеся или занятые физическим трудом; люди вне помещений, в покое	Л2
Активные люди вне помещения, идущие или занятые физическим трудом	Л3
Люди в движущемся транспорте: за рулем автомашины на хорошей дороге; пассажиры автобусов и пр.	Л4
После землетрясения	

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

Люди, получившие в результате землетрясения травмы	Л5
Люди, погибшие в результате землетрясения	Л6

5.2. Степени реакции отдельных людей на землетрясения ($r_{л}$):

0 - Отсутствие реакции: не ощущает, не замечает, не реагирует.

1 - Слабое ощущение: ощущается легко, испытывает легкое недоумение, не меняет поведения, если спал - просыпается спокойно, не сознавая причины, за рулем движущейся машины ощущает, но относит за счет неровности дороги.

2 - Сильное ощущение: ощущает заметно, обращает внимание, может оценить направление, продолжительность и отдельные фазы колебаний; если спал - просыпается с ощущением, что его разбудили; за рулем идущей машины ощущает несоответствие поведения машины особенностям дороги.

3 - Испуг: пугается, но может оценить направление, продолжительность и отдельные фазы колебаний; за рулем пугается, возникает мысль об аварии.

4 - Сильный испуг: сильно пугается, стремиться выбежать из помещения, выбегает; за рулем в испуге останавливает машину.

5 - Паника: теряет равновесие, не может стоять без опоры, впадает в паническое состояние, кричит, выбрасывается из окна и т.п.

6 - Отключение: утрачивает полностью осмысленность поведения, плохо реагирует на окружение, впадает в оцепенение, теряет сознание.

7 – Травма.

8 – Гибель.

5.3 Степень реакции людей на землетрясение ($r_{л}$) в зависимости от его интенсивности (I) подразделяется согласно таблице 5.2.

Таблица 5.2

I, баллы	Средняя степень реакции на землетрясение ($r_{л}$)
1	Ощущается людьми на верхних этажах многоэтажных зданий, $r_{л0} = 0,0 - 0,2$
2	Ощущаются некоторыми людьми, находящимися в покое в помещениях. Не ощущаются вне помещений. $r_{л1} = 0,0 - 0,1$
3	Большинство людей, занятых какой-либо деятельностью внутри зданий, ощущают землетрясение, а некоторые люди, находящиеся в покое - покачивание и/или легкое дрожание. Никто из людей, находящихся на улице, не замечает землетрясение. $r_{л1} = 0,2 - 0,5$; $r_{л2} = 0,0 - 0,2$. <u>Прочие признаки</u> : колебания схожи с сотрясениями от легкого транспорта,

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

	часто не ощущаются как землетрясение.
4	Многие люди, находящиеся в зданиях, и некоторые, находящиеся на улице, ощущают землетрясение как легкое дрожание или покачивание. Некоторые люди, находящиеся в зданиях, разбужены. Уровень сотрясений не пугает. $r_{Л1} = 0,6 - 1,6$; $r_{Л2} = 0,3 - 0,8$; $r_{Л3} = 0,0 - 0,1$. <u>Прочие признаки</u>: колебания схожи с сотрясениями от движения тяжелого грузовика; дребезжание окон, стекол, шкафов, посуды; легкий скрип полов и стен; легкое колебание жидкости в открытых сосудах; толчок замечен в стоящих автомашинах.
5	Землетрясение в помещении чувствуют большинство людей, на улице – некоторые. Отдельные люди пугаются и выбегают на улицу. Многие спящие просыпаются. Ощущается сотрясение здания в целом. Животные беспокоятся $r_{Л1} = 1,7 - 2,9$; $r_{Л2} = 0,9 - 2,1$; $r_{Л3} = 0,2-1,1$; $r_{Л4} = 0,0 - 0,1$
6	Ощущается большинством людей внутри зданий и многими снаружи. Некоторые люди теряют равновесие. Многие напуганы и выбегают на улицу. $r_{Л1} = 3,0 - 4,1$; $r_{Л2} = 2,2 - 3,7$; $r_{Л3} = 1,2-2,7$; $r_{Л4} = 0,2 - 1,2$.
7	Большинство людей напуганы и выбегают из здания. Многим трудно стоять. $r_{Л1} = (4,2 - 4,9)$; $r_{Л2} = (3,8 - 4,9)$; $r_{Л3} = (2,8-4,2)$; $r_{Л4} = (1,3 - 2,6)$; Количество раненых (Л5) (0,05-0,5%); количество погибших (Л6) – (0,002 – 0,02%); отношение количества раненых к количеству погибших = (10-60)
8	Многим людям трудно стоять, даже на улице $r_{Л1} = (5,0 - 5,6)$; $r_{Л2} = (4,6 - 5,5)$; $r_{Л3} = (4,3-5,4)$; $r_{Л4} = (2,7 - 5,0)$; Количество раненых (Л5) 0,2-2,0%; количество погибших (Л6) = 0,02 – 0,2%; отношение количества раненых к количеству погибших (4,5-25).
9	Количество раненых (Л5) = 1-6%; количество погибших (Л6) = 0,2-2,0%; отношение количества раненых к количеству погибших = 2-9
10	Количество раненых (Л5) = 4-25%; количество погибших (Л6) = 2-15%; отношение количества раненых к количеству погибших = 1-5
Примечание - Оценка средней степени реакции людей проводится согласно разделу 13.	

5.4 Величину интенсивности I следует уточнять при наличии данных о количестве раненных (N_p) и погибших (N_n) по формулам (5.1) – (5.3):

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

$$I = 1,7 \lg N_{p,\%} + C \pm 0,6, \quad (5.1)$$

где C – эмпирический коэффициент

для городских условий (в рабочем диапазоне реакции 8 – 10 баллов):

C принимается равным 9,3 в дневное время и 9,1 ночью;

для сельской местности:

летом: C принимается равным 9,4 в дневное время 9,1 ночью;

зимой C принимается равным 9,2 в дневное время и 9,0 ночью.

$$I = \lg N_{п,\%} + C \pm 0,6, \quad (5.2)$$

для городских условий (в рабочем диапазоне реакции 8 – 10 баллов):

C принимается равным 8,4 в дневное время и 8,2 ночью;

для сельской местности:

летом C принимается равным 8,6 в дневное время и 8,3 ночью;

зимой C принимается равным 8,4 в дневное время и $C = 8,2$ ночью.

$$I = 10,5 - 2,5 \lg (N_p / N_{п}) \pm 0,6, \quad (5.3)$$

в рабочем диапазоне реакции 8 – 11 баллов, независимо от местности, времени года и суток.

6 Объект-индикатор – «Предметы быта»

6.1 При оценке интенсивности сотрясения учитывается реакция только предметов быта, находящихся на первом или цокольном этажах здания.

В зависимости от вида и характера расположения предметов быта они подразделяются согласно таблице 6.1.

Таблица 6.1

Виды и характер расположения предметов быта	Условное обозначение предметов быта
Свободно висящие предметы: лампы, люстры, легкие занавески и т.п.	П1

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

Неустойчивые подвижные (незакрепленные) предметы: игрушки, флаконы, сувениры, высокая неустойчивая посуда и т.п.	П2
Устойчивые подвижные предметы: посуда, бутылки, книги на полках, горшки с цветами, телевизоры и приемники на ножках, легкая мебель (стулья, легкие этажерки, ширмы, столики) и т.п.	П3
Тяжелые подвижные предметы: телевизоры и тяжелые приемники на столах, стационарные магнитофоны, холодильники, тяжелая мебель (массивные столы, шкафы, комоды, стеллажи и т.п.).	П4
Малоподвижные трудносдвигаемые предметы: стенки, сейфы, массивные заполненные книжные шкафы, массивные “стенки” и т.п.	П5

6.2 Выделяют три степени реакции отдельных предметов $r_{П}$:

0 – отсутствие реакции: предмет не реагируют;

1 – слабая реакция: предмет покачивается незначительно.

2– сильная реакция: предмет заметно смещается, разворачивается, опрокидывается, падает.

6.3 Степень реакции предметов быта на землетрясение в зависимости от его интенсивности I подразделяется согласно таблице 6.2.

Таблица 6.2

I , баллы	Средняя степень реакции предметов быта на землетрясение ($r_{П}$)
1	$r_{П} = 0,0$
2	$r_{П1} = 0,0 - 0,1$
3	$r_{П1} = 0,2 - 0,4$; $r_{П2} = 0,0 - 0,1$
4	Дребезжание окон, стекол шкафов, посуды, легкое колебание жидкости в открытых сосудах, $r_{П1} = 0,6 - 1,4$; $r_{П2} = 0,2 - 0,4$; $r_{П3} = 0,0 - 0,1$
5	В отдельных случаях останавливаются маятниковые часы. Распахиваются и захлопываются незапертые двери и окна. Из наполненных открытых сосудов слегка выплескивается жидкость, $r_{П1} = 1,5 - 2,0$; $r_{П2} = 0,5 - 1,5$; $r_{П3} = 0,2-0,4$
6	Звон малых колоколов, $r_{П2} = 1,6 - 2,0$; $r_{П3} = 0,5-1,5$; $r_{П4} = 0,0-0,4$.
7	$r_{П3} = 1,6 - 2,0$; $r_{П4} = 0,5 - 1,5$; $r_{П5} = 0,0-0,4$.
8	$r_{П4} = 1,6 - 2,0$; $r_{П5} = 0,5-1,5$.
9	$r_{П5} = 1,6 - 2,0$.

Примечание - Оценка средней степени реакции предметов быта проводится согласно разделу 13.

7 Объект-индикатор – «Здания»

7.1 По характеристике сейсмостойкости здания и сооружения подразделяются на классы, согласно таблице 7.1. В обозначении класса (Cn) символ «n» – интенсивность землетрясения в баллах, при которой средняя степень повреждения зданий данного класса $d=2$. При этом 5% от общего количества зданий могут получить степень повреждения $d = 3,5$, при которой обеспечивается безопасность людей.

Таблица 7.1

Классы сейсмостойкости	Характеристика зданий и сооружений проектируемой сейсмостойкости
C4	Здания 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.
C5	Здания армированные, с фундаментом, а также здания из местных материалов
C6	Деревянные дома, рубленные «в лапу» или «в обло». Здания из жженого кирпича, тесаного камня или бетонных блоков на известковом, цементном или сложном растворе: сплошные ограды и стенки, трансформаторные киоски, силосные и водонапорные башни
C7	Дома железобетонные, каркасные, крупнопанельные и армированные крупноблочные, типовые здания и сооружения всех видов (кирпичные, блочные, панельные, бетонные, деревянные, щитовые и др.) с антисейсмическими мероприятиями для расчетной сейсмичности 7 баллов; железобетонные сооружения: силосные и водонапорные башни, маяки, подпорные стенки, бассейны и т.п.
C8-C9	Здания с проведением антисейсмических мероприятий классов C8 – C9, рассчитанные на соответствующие воздействия.
<i>Примечание</i> - при сочетании в одном здании признаков двух или трех классов здание в	

целом следует относить к слабейшему из них.

7.2 При установлении класса сейсмостойкости здания необходимо учитывать:

- конструктивный тип здания – конструктивная система, материал и технология возведения;
- уровень регулярности здания, устанавливаемый на основе соответствия требованиям норм сейсмостойкого строительства к объемно-планировочным и конструктивным решениям зданий;
- уровень качества строительства;
- степень физического износа;
- количества перенесенных зданием землетрясений проектной интенсивности.

7.3 Класс сейсмостойкости здания устанавливается с использованием:

- результатов инженерного обследования последствий ощутимых и сильных землетрясений;
- результатов сейсмозрывных и вибрационных испытаний натурных объектов; при этом оценку уровня сейсмостойкости опытных объектов по результатам вибрационных испытаний следует осуществлять с применением специальной методики с использованием представительной выборки инструментальных или синтезированных акселерограмм;
- экспертных оценок повреждаемости различных типов зданий при сейсмических воздействиях интенсивностью 6-10 баллов («полуколичественный» способ).

7.4 Степени реакции и повреждения основных конструктивных типов кирпичных зданий подразделяются согласно таблице 7.2.

Таблица 7.2

Степени повреждения, d	Повреждения	
	конструктивных элементов	материала и неконструктивных элементов
Отсутствие видимых повреждений d=0. Не требует ремонта	Отсутствуют	Сотрясения здания в целом; Сыплется пыль из щелей, осыпаются чешуйки побелки.
Легкие повреждения d=1. Необходим	Видимые повреждения элементов отсутствуют. Тонкие трещины в сопряжениях перекрытий со стенами,	Тонкие трещины в штукатурке; откалывание небольших кусков штукатурки; тонкие трещины в

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

косметический ремонт	из углов проемов в опорной части перемычек.	разделке печей и дверных коробок; тонкие трещины по контуру перегородок, в карнизах, фронтонах, трубах.
Умеренные повреждения d=2 Необходим капитальный ремонт	Тонкие трещины в несущих стенах. Вертикальные трещины в сопряжении стен различного направления, горизонтальные трещины в узких простенках, косые трещины в широких простенках.	Падение пластов штукатурки, сквозные трещины в перегородках и швах между панелями перекрытий и стен, глубокие трещины в карнизах и фронтонах, выпадение кирпичей из труб.
Тяжелые повреждения d=3 Возможен Восстановительный ремонт	Сквозные трещины в несущих стенах, диагональные и X-образные в сплошных стенах, наклонные трещины в простенках несущих стен, отрыв наружных стен от внутренних; смещение плит перекрытия и перемычек; отслоение железобетонного обрамления проемов от кладки.	Расслоение перегородок, их смещение из плоскости или частичное обрушение; обвал дымовых труб.
Разрушения d=4 Здание подлежит сносу	Частичное обрушение несущих стен, проломы и вывалы в несущих и самонесущих стенах. Значительное смещение плит перекрытий с площадок опирания. Разрыв антисейсмических поясов, выпучивание арматуры железобетонных включений с разрушением бетона.	Обрушение значительной части перегородок.
Обвалы d=5	Обрушение несущих стен и перекрытий. Полное обрушение всего здания и его частей с потерей его формы.	

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

7.5 Степени реакции и повреждения основных конструктивных типов крупнопанельных зданий подразделяются согласно таблице 7.3.

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

Таблица 7.3 Классификация типов зданий по классам сейсмостойкости

Группы зданий	Типы зданий	Классы зданий по уровню сейсмостойкости							
		С9	С8,5	С8	С7,5	С7	С6,5	С6	С5,5
местные здания	Шлакоблочные								ШБЛ
	Шлакозаливные дома								ШЗЛ
	Здания малоэтажные со стенами из мелких блоков ¹⁾	БЛМ9		БЛМ8		БЛМ7		БЛМ	
Здания с кирпич- ными несу- щими стенами	Здания с кирпичными несущими стенами и деревянными перекрытиями					К[Д]8		К[Д]7	К[Д]
	Здания со смешанной конструктивной схемой с наружными кирпичными стенами и внутренними кирпичными столбами								КСК
	Здания с кирпичными несущими стенами и железобетонными перекрытиями		К[ЖБ]9		К[ЖБ]8		К[ЖБ]7		К[ЖБ]
	Здания с кирпичными несущими стенами, усиленными железобетонными включениями (комплексные конструкции)	КК9		КК8		КК7			
Здания	Крупноблочные здания		БЛ9		БЛ8		БЛ7	БЛ	
	Крупнопанельные здания с замонолченными стыками ²⁾	П9		П8		П П7			

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

с бетон- ными и железо- бетон- ными стенами	Крупнопанельные здания со сварными стыками		ПС9	ПС8		ПС ПС7			
	Крупнопанельные здания со смешанной конструктивной схемой без пристенных колонн			П[ВК]9		П[ВК]8		П[ВК] П[ВК]7	
	Крупнопанельные здания со смешанной конструктивной схемой с пристенными колоннами		П[НВК]9	П[НВК]8		П[НВК]7		П[НВК]	
	Здания с монолитными несущими стенами, возводимыми в переставной опалубке	МН9		МН8		МН МН7			
	Объёмно-блочные здания	ОБД9		ОБД8		ОБД ОБД7			
Каркас- ные здания	Здания с железобетонным рамным каркасом		КР9		КР8		КР КР7		
	Одноэтажные каркасные пром-здания с навесными стеновыми панелями	КРО9		КРО8		КРО7 КРО			
	Здания с монолитным железобетонным каркасом и кирпичным заполнением	КРК9		КРК8		КРК7 КРК			
	Здания с железобетонным каркасом и					КР[ДЖ]			

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

	диафрагмами жёсткости	КР[ДЖ]9		КР[ДЖ]8		КР[ДЖ]7			
	Здания со стальным каркасом с диафрагмами жёсткости и без них	КРС9		КРС8		КРС КРС7			
	Лёгкие металлические конструкции	ЛМК9		ЛМК8		ЛМК ЛМК7			
	Здания с наружными кирпичными стенами и внутренним каркасом (неполный каркас)			НКР[К]9		НКР[К]8		НКР[К]7	НКР[К]
	Здания с панельными наружными стенами и внутренним каркасом (неполный каркас)			НКР[П]8		НКР[П] НКР[П]7			
	Здания с безригельным каркасом		БРК 9	БРК 8		БРК 7 БРК			
	Здания с безригельным каркасом и предварительным напряжением высокопрочными канатами при монтаже	БРКП 9		БРКП 8		БРКП 7			
Деревянные здания	1-2 этажные дома со стенами из бруса или брёвен					Д			
	Деревянные щитовые бескаркасные дома						ДЩ		
	Деревянные дома фахверкового типа с диагональными связями и лёгким					ДФ			

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

	заполнителем								
Типовые сооруже ния	Кирпичные: трансформаторные подстанции, силосные и водонапорные башни, сплошные ограды							ТС[К]	
	Железобетонные: трансформаторные подстанции, силосные и водонапорные башни, подпорные стенки					ТС[ЖБ]			

Примечания: 1. Кроме шлакоблочных зданий; 2. Кроме зданий со смешанной конструктивной схемой; 3. Цифровой индекс буквенного кода обозначает уровень сейсмоусиления здания в баллах.

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

7.6 В зданиях, возведенных с антисейсмическими мероприятиями, при оценке степени повреждения учитываются только повреждения несущих элементов конструкций.

7.7 Возможна количественная процедура корректировки класса сейсмостойкости здания при отклонении от перечисленных средних условий, с использованием промежуточных градаций в 0,1 балла.

Поправка за нерегулярность здания составляет 0,1-0,5 в зависимости от степени нарушения регулярности.

Поправка за качество строительства составляет 0,1-0,3 от уровня сейсмостойкости.

Степень физического износа (поправка за ветхость здания) составляет 0,2 за первые пятьдесят лет плюс по 0,1 за каждое последующее десятилетие.

Поправка за перенесенное расчетное землетрясение (даже если никаких заметных повреждений не обнаружено) составляет 0,2 за одно событие, 0,3 за последующее событие и 0,4 за третье событие.

7.8 Интенсивность землетрясения (I, баллы) устанавливается с использованием матрицы повреждаемости зданий согласно таблице 7.5.

Таблица 7.4

I, баллы	Степень повреждения зданий с классом сейсмостойкости:					
	C9	C8	C7	C6	C5	C4
4	–	–	0	0,4	1,2	2,0
5	–	–	0,4	1,2	2,0	2,8
6	0	0,4	1,2	2,0	2,8	3,6
7	0,4	1,2	2,0	2,8	3,6	4,4
8	1,2	2,0	2,8	3,6	4,4	5
9	2,0	2,8	3,6	4,4	5	–
10	2,8	3,6	4,4	5	–	–
Примечания: Если интенсивность землетрясения отличается от расчетной, то степень повреждения изменяется на 0,8 на балл. Приведенные в таблице значения средних степеней повреждения соответствуют зданиям со средним уровнем регулярности, средним качеством строительства и степенью физического износа не более 30%.						

7.10 Примеры повреждений различной степени зданий приведены в приложении А.

7.11. Следует различать:

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

- среднюю степень повреждений зданий (таблицы 7.5, 7.6.);
- максимальную степень повреждений (5% зданий);
- вероятную степень повреждений (50% зданий).

Таблица 7.5

Интенсивность землетрясения в баллах	Класс здания	Интервалы реакций зданий классов С10-С4 при землетрясениях различной интенсивности				
		1	2	3	4	5
5	С10					
	С9					
	С8					
	С7					
	С6					
	С5					
	С4					
6	С10					
	С9					
	С8					
	С7					
	С6					
	С5					
	С4					
7	С10					
	С9					
	С8					
	С7					
	С6					
	С5					
	С4					
8	С10					
	С9					
	С8					
	С7					
	С6					
	С5					
	С4					
9	С10					
	С9					
	С8					
	С7					
	С6					
	С5					
	С4					
10	С10					
	С9					
	С8					
	С7					
	С6					
	С5					
	С4					
11	С10					
	С9					
	С8					
	С7					
	С6					
	С5					
	С4					

Примечание: Для определения интенсивности произошедшего землетрясения по данным таблицы 7.5 следует выявить интервал, в пределах которого располагаются:

- значение медианы функции распределения реакций зданий (среднеарифметическое значение реакций зданий), установленное для обследуемой группы зданий;
- показатели реакций зданий не менее 50% обследованных объектов.

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

В состав анализируемой группы должны включаться здания одного класса, расположенные на площадках с однородными грунтовыми условиями.

8 Объект-индикатор «Транспортные сооружения»

8.1 По функциональным признакам транспортные сооружения подразделяются на два основных типа (группы):

Тип «А» - искусственные сооружения (мосты, тоннели, галереи, подпорные стены, водопропускные трубы и др.);

Тип «Б» - земляное полотно, верхнее строение пути железных дорог, проезжая часть автомобильных и городских дорог.

8.2 По исполнению конструкции транспортных сооружений подразделяются на три разновидности:

-конструкции, на которые не распространяются нормы сейсмостойкого строительства (рельсы, шпалы, стрелочные переводы железных дорог и др.), а также конструкции искусственных сооружений, применявшиеся до введения в действие норм сейсмостойкого строительства;

-конструкции пониженной сейсмостойкости (искусственные сооружения старой постройки, рассчитанные на заниженные по сравнению с действующими нормами сейсмические нагрузки);

-конструкции в сейсмостойком исполнении (современные несущие конструкции мостов, тоннелей, галерей, труб под насыпями, подпорных стен и др.).

8.3 По тяжести социально-экономических последствий повреждения транспортных сооружений разделены на пять категорий (степеней) d_1 - d_5 от незначительных повреждений в виде местных деформации конструкций, влияющих на долговечность железобетонных сооружений, до тотальных разрушений участков дорог, сопровождающихся авариями подвижного состава, человеческими жертвами и длительным перерывом движения, вплоть до необходимости восстановления дороги на обходе разрушенного участка. Отсутствие повреждений несущих конструкций обозначается d_0 .

При одинаковой силе землетрясения повреждения транспортных сооружений подразделяются на характерные и атипичные (повышенной и пониженной тяжести).

Повышенная уязвимость объектов транспортного строительства вызывается разжижением грунта оснований, недостаточной устойчивостью склонов и откосов, близостью выходящих на земную поверхность тектонических разрывов, значительной

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

физической изношенностью конструкций,, неудовлетворительными проектно-изыскательскими и/или строительными работами, проектными решениями, сочетанием сейсмического воздействия с другими природными явлениями с редкой повторяемостью (продолжительные проливные дожди, высокий паводок и др.), проявлением не нормированных природно-техногенных факторов.

Пониженная уязвимость транспортных сооружений обусловлена опиранием фундаментов на скальную породу или другой малосжимаемый грунт (крупнообломочный с плотным песчаным заполнителем, глину твердой консистенции), использованием стальных и предварительно напряженных железобетонных конструкций, армированием насыпей стальными сетками или геосинтетическими материалами, отсутствием физического износа конструкций, применением гофрированных оболочек для возведения водопропускных сооружений при тщательном соблюдении технологии производства работ.

Описание повреждений дорожных сооружений степеней d_1 - d_5 приведено в таблице 8.1.

Таблица 8.1

Степень повреждения, d	Описание повреждений транспортных сооружений	
	Сооружения типа «А»	Сооружения типа «Б»
Первая степень повреждений d_1	Трещины с шириной раскрытия более 0,3 мм и локальные сколы защитного слоя бетона в стойках и ригелях опор автодорожных путепроводов. Повреждение шкафных стенок устоев, разновысоких подферменников, торцов балок пролетных строений, железобетонных блоков ограждения проезжей части над деформационными швами. Небольшие трещины в каменных опорах мостов и в низовых подпорных стенах из каменной кладки на растворе. Сдвиг из проектного положения и выпадение из кладки ограждающих стен	Трещины в твердом покрытии проезжей части автомобильных дорог, в обочинах и откосах земляного полотна. На горных участках дорог осыпи и камнепады, полностью заполняющие емкости защитных сооружений. Поступление песка, дресвы, щебня и крупных обломков скальной породы с прилегающих склонов и откосов выемок на железнодорожные пути и на проезжую часть автомобильных дорог.

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

	отдельных камней на участках осыпей и камнепадов.	
Вторая степень повреждений d_2	Трещины и разрывы в кладке каменных и бетонных опор, опасные для эксплуатации мостов под расчетной нагрузкой. Осадки мостовых опор, вызывающие появление в продольном профиле дополнительных углов перелома, превышающих для железнодорожных мостов 1‰, для автодорожных и городских мостов 2‰. Наклоны опор мостов и опор контактной сети, недопустимые для их нормальной эксплуатации. Поворот в плане неразрезных пролетных строений. Смещение устоев мостов в сторону русла пересекаемых водотоков, вызывающее закрытие температурных швов. Угон катков и наклон валков подвижных опорных частей. Срез ограничителей продольных перемещений в тангенциальных неподвижных и болтов крепления в балансирных опорных частях. Раскрытие деформационных швов между секциями труб под насыпями с поступлением грунта насыпи внутрь трубы. На обвальных косогорах проломы в кладке подпорных стен из камней на растворе.	Осадки насыпей на подходах к мостам и над водопропускными трубами, препятствующие движению транспортных средств. Осадки грунта в полосе отвода дорог на участках, сложенных слабыми отложениями. Разрывы в твердом покрытии проезжей части автомобильных дорог. Потеря устойчивости откосов насыпей и выемок. На горных участках дорог падение отдельных каменных глыб со склонов и небольшие обвалы объемом до нескольких сотен м ³ .
Третья степень повреждений d_3	Разрушение мостовых опор из бутовой кладки. Разрывы в бетонных конструкциях. Падение с опор железобетонных плит. Отрыв от	Искривление железнодорожных рельсов на ровных участках местности. Разрывы в земляном полотне и в твердом покрытии

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

	передних стенок устоев обратных стенок (крыльев). Опрокидывание сборных железобетонных конструкций на строительных площадках и при сборке мостов. Выраженные пластические деформации металлических опор контактной сети. Опрокидывание трансформаторов и разрушение другого оборудования на площадках тяговых подстанций. Частичное разрушение пассажирских платформ. Обрыв проводов контактной сети. Трещины в порталах горных тоннелей и галерей.	проезжей части автомобильных дорог. Осадка конусов насыпей на подходах к мостам с понижением отметки проезжей части до 50 см. На горных участках железных и автомобильных дорог многочисленные оползни и обвалы общим объемом до нескольких тысяч м³. Разрушение небольших по протяженности участков дорог, устроенных на слабых водонасыщенных основаниях, из-за разжижения грунта, образования оползней и грязевых потоков.
Четвертая степень повреждений d₄	Сдвиг и обрушение надфундаментных частей каменных и бетонных опор. Разрушение стальных опорных частей и сцепных антисейсмических устройств. Потеря устойчивости ветровых связей мостовых ферм. Сдвиг по оголовкам опор и падение на грунт балочных разрезных пролетных строений. Смещение с опорных площадок и обрушение пролетных строений мостов рамно-консольной системы. Опрокидывание многопролетных виадуков и эстакад. Подбрасывание разрезных пролетных строений с разрушением опорных участков ребристых железобетонных главных балок. Переламывание в пролете сталежелезобетонных балок. Разрушение железобетонных столбчатых и рамных опор	Глубокие разрывы в насыпях, направленные вдоль оси дороги с шириной раскрытия краев разрыва в уровне проезжей части до 1,0 м и более. Осадка конусов насыпей на подходах к мостам с амплитудой относительного смещения проезжей части по вертикали до 1,0 м и более. Сбрасывание рельсо-шпальной решетки с основной площадки земляного полотна на склонах. На горных участках дорог большие обвалы. Полное разрушение оползнями транспортной инфраструктуры на отдельных участках дорог.

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

	путепроводов, виадуков и эстакад. На припортальных участках и вблизи обновленных тектонических разломов разрушаются тоннели. Опрокидывание бетонных и железобетонных подпорных стен, разрушение их конструкций оползнями.	
Пятая степень повреждений d_5	Разрушение мостов селевыми потоками. Заполнение тоннелей и галерей селевыми массами. Разрушение мостов при заходе цунами в русла рек.	Разрушение земляного полотна селевыми и грязевыми потоками. Разрушение дорог морскими волнами при тектоническом опускании местности ниже уровня моря. Затопление отдельных участков дорог при образовании горных озер вследствие сейсмообвалов, оползней, лавин и других катастрофических склоновых процессов..

8.4 Возникающие при землетрясениях характерные и атипичные повреждения транспортных сооружений приведены в таблице 8.2. Повреждения относятся к объектам в несейсмостойком исполнении. Для сооружений пониженной сейсмостойкости таблица 8.2 используется при оценке наихудших возможных последствий землетрясений.

При оценке повреждений сооружений в сейсмостойком исполнении следует исходить из того, что за счет выполнения в полном объеме антисейсмических мероприятий тяжесть повреждения конструкций уменьшается по сравнению с сооружениями в несейсмостойком исполнении на одну единицу тяжести повреждений:

- при воздействии силой 7 баллов повреждения в большинстве конструкций в 7-балльном исполнении не возникают;
- при воздействии силой 8 баллов отмечаются незначительные трещины в конструкциях в 8-балльном исполнении;
- при воздействии силой 9 баллов возникают отклонения конструкций в 9-балльном исполнении от проектного положения, не требующие закрытия движения на дорогах;

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

– при воздействии силой 10 баллов наблюдаются случаи отказа несущих конструкций в сейсмостойком исполнении, исключая движение транспортных средств на время проведения восстановительных работ.

В качестве индикаторов силы землетрясений в таблице 8.2 используются наиболее часто возникающие повреждения дорог, включая их количественные характеристики, а также данные о влиянии землетрясений на основную производственную функцию дорог – обеспечение безопасности и непрерывности движения транспортных средств.

Таблица 8.2

Интенсивность землетрясения I, баллы	Степени повреждений дорог, d	Транспортно-эксплуатационное состояние дорог после землетрясений
7	$d_0-d_1-d_2$	На дорогах возникают повреждения степени d_1, создающие помехи для движения транспортных средств с установленной для нормальных условий эксплуатации скоростью. Снижается долговечность железобетонных конструкций из-за образования трещин и сколов защитного слоя бетона в наиболее напряженных сечениях. Возникшие повреждения устраняются при выполнении текущего ремонта дорог. При повреждениях повышенной степени d_2 необходимы мероприятия по среднему ремонту земляного полотна и покрытия проезжей части, кратковременному усилению искусственных сооружений.
8	$d_1-d_2-d_3$	На дорогах появляются барьерные места, препятствующие движению транспорта (степень повреждений d_2). Для осмотра сооружений, расчистки проезжей части от камней и глыб, восстановления профиля верхнего строения пути, устранения опасных для движущихся автомобилей разрывов в твердом покрытии дорог, кратковременного усиления поврежденных искусственных сооружений требуется непродолжительное закрытие движения на поврежденном участке дороги. При атипичных повреждениях степени d_3 земляного полотна, твердого покрытия автомобильных дорог и верхнего строения

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

		пути ж.д. продолжительность ремонтно-восстановительных работ увеличивается до нескольких суток.
9	$d_2-d_3-d_4$	Повреждения дорог третьей степени d_3 вызывают прекращение движения транспортных средств. Возможны аварии поездов и автомобилей. На первом этапе восстановительных работ разбираются завалы пути, демонтируется ж.д. путь на отдельных участках, укладывается новый балласт и выполняются другие работы по капитальному ремонту сооружений. Восстановительные работы на железных и автомобильных дорогах федерального значения планируются и контролируются государственными органами. Первоочередные работы с задачей восстановления движения на дорогах выполняются в течение нескольких суток с привлечением специализированных строительных организаций. При повреждениях повышенной степени d_4 одновременно земляного полотна, искусственных сооружений и зданий транспортного назначения ремонтно-восстановительные работы в полном объеме завершаются в течение нескольких недель.
10	$d_3-d_4-d_5$	Повреждения дорог четвертой степени d_4 охватывают все составляющие транспортной инфраструктуры, включая подвижной состав. Аварии подвижного состава и разрушения вокзалов могут сопровождаться травмами и гибелью многих людей. Восстановление дорожной сети продолжается в течение нескольких недель. При повреждениях пятой степени восстановление дороги на прежнем месте технически невозможно или экономически нецелесообразно. Для восстановления работы дорожной сети с пятой степенью повреждений необходимы изыскания транспортного коридора с менее опасными природными условиями и переустройство дороги на обходе полностью разрушенного участка.
Примечание - Применять в качестве индикаторов силы землетрясений сведения о повреждениях дорог сейсмогравитационными воздействиями (сейсмооползнями, сейсмообвалами и т.п.), выходящими на земную поверхность тектоническими разрывами,		

а также цунами следует с осторожностью, сопоставляя эти оценки с повреждениями зданий и транспортных сооружений сейсмическими волнами в грунте и показаниями других индикаторов силы землетрясений.

8.5 Параметры колебаний грунта при землетрясениях для использования при проектировании транспортных сооружений приведены в приложении Б.

8.6 Примеры повреждений дорог при землетрясениях приведены в приложении В.

9 Объект-индикатор – «Природные явления»

9.1 При оценке (назначении) интенсивности сотрясений по сведениям о природных явлениях на поверхности Земли, их следует рассматривать в комплексе и с учетом имеющейся информации о геолого-геоморфологических, гидрогеологических и метеорологических условиях в районе землетрясения.

9.2 При анализе природных явлений, связанных с землетрясениями, следует разделять ко-сейсмические и пост-сейсмические эффекты, а также собирать сведения о состоянии исследуемых участков до землетрясения и учитывать их при оценке интенсивности сотрясений.

9.3 Нижеприведенные описания эффектов землетрясений могут применяться при оценке (назначении) интенсивности как современных, так и доисторических землетрясений. В последнем случае необходимо уделять особое внимание доказательству сейсмогенной природы исследуемых природных явлений.

9.4 Природные явления классифицируются согласно таблице 9.1.

Таблица 9.1

Условное обозначение природного явления	Описание природного явления
ПЯ-1	Изменения в режиме подземных вод (появление или исчезновение источников, изменение уровня или температуры подземных вод)
ПЯ-2	Деформации в слабых водонасыщенных и рыхлых насыпных грунтах
ПЯ-3	Смещения на склонах, сложенных рыхлыми (сильновыветрелыми) грунтами
ПЯ-4	Смещения на склонах, сложенных скальными и полускальными грунтами

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

ПЯ-5	Подвижки по тектоническим разрывам
ПЯ-6	Площадные поднятия и опускания
ПЯ-7	Явления на внутренних водоемах (торошение льда, сейши, фонтанирование воды)
ПЯ-8	Цунами*
ПЯ-9	Признаки, позволяющие непосредственно оценивать параметры сейсмических воздействий (подбрасывание камней и валунов, сейсмовыбросы)
ПЯ-10	Видимые поверхностные волны

* Могут учитываться при оценке интенсивности сотрясений только в окрестностях очага.

9.5 Следует давать количественное описание природных явлений с указанием длины и ширины трещин, протяженности разрывов и амплитуд смещений по ним, объемов склоновых смещений и степени оползневой пораженности территории. Необходимо указывать площадь массового распространения трещин, оползней, обвалов, сейсмодислокаций, связанных с разжижением грунтов, а также размеры территории, на которой проявляются тектонические площадные деформации (поднятия-опускания) так как эти параметры являются одними из определяющих при оценке интенсивности землетрясений, превышающей 9 баллов. Следует оговаривать, наблюдались ли описываемые эффекты очевидцами землетрясения или они являются остаточными деформациями, сохраняющимися после землетрясения.

9.6 Реакция природных объектов на землетрясение в зависимости от его интенсивности I подразделяется согласно таблице 10.2.

Таблица 9.2

I , баллы	Тип природного явления	Характеристика проявления
< 4	-	При интенсивности сотрясений менее 4 баллов явлений на поверхности земли обычно не отмечается.
4	ПЯ-1	Крайне редко незначительно меняется дебит источников.
	ПЯ-7	В водоемах со стоячей водой могут регистрироваться незначительные (сантиметровые) сейши.

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

5	ПЯ-1	Иногда меняется дебит источников.
	ПЯ-2	На водонасыщенных грунтах по берегам водоемов возможно образование видимых трещин шириной до 5 сантиметров.
	ПЯ-4	В горных районах возможны отдельные небольшие камнепады.
	ПЯ-7	В водоемах со стоячей водой могут наблюдаться сейши высотой до 10 см
6	ПЯ-1	Возможны изменения дебита источников и колебания воды в колодцах
	ПЯ-2	На слабых водонасыщенных и рыхлых насыпных грунтах иногда образуются видимые трещины шириной до первых десятков сантиметров, происходят незначительные оползни на берегах рек и каналов
	ПЯ-3	В горных районах иногда происходят оползни малых и средних объемов (до нескольких тысяч кубометров)
	ПЯ-4	В горных районах происходят камнепады и обвалы малых и средних объемов (до нескольких сотен кубометров)
	ПЯ-7	В водоемах наблюдаются сейши высотой до десятков сантиметров; возможно выплескивание воды из замкнутых водоемов
7	ПЯ-1	В некоторых случаях исчезают или появляются новые источники; наблюдаются колебания уровня воды в колодцах
	ПЯ-2	Могут образовываться трещины в водонасыщенных и рыхлых насыпных грунтах, в редких случаях шириной до метра; иногда на крутых берегах водоемов происходят оползни
	ПЯ-3	Возможны оползни объемом до ста тысяч кубометров
	ПЯ-4	В горных районах происходят камнепады, обвалы, иногда объемом до первых тысяч кубометров
	ПЯ-5	В эпицентральных зонах возможны подвижки по тектоническим разрывам на протяжении нескольких километров и с амплитудами смещений до нескольких десятков сантиметров
	ПЯ-7	На замерших водоемах происходит растрескивание, иногда торошение льда; на поверхности водоемов наблюдаются волны, вода мутнеет от ила, возможно фонтанирование
	ПЯ-10	На выровненных хорошо просматриваемых участках во время землетрясения в редких случаях наблюдаются земляные волны

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

8	ПЯ-1	Во многих случаях наблюдается изменение дебита источников и уровня воды в колодцах, исчезают или появляются источники
	ПЯ-2	В водонасыщенных и рыхлых насыпных грунтах образуются трещины шириной до метра; возможен выброс водонасыщенных песков
	ПЯ-3	В равнинных районах происходят оползни на крутых склонах, осывы и оползни лессов и лессовидных суглинков на пологих склонах; в горных районах значительное число оползней объемом до первых миллионов кубометров
	ПЯ-4	В горных районах отмечается значительное число обвалов, возможно формирование оползней скальных грунтов объемом до первых миллионов кубометров
	ПЯ-5	В эпицентральных зонах возможны подвижки по тектоническим разрывам на протяжении первых десятков километров и с амплитудами смещений до метра
	ПЯ-6	Возможны поднятия и опускания поверхности на площади в несколько квадратных километров с величиной смещения до 1 м, обычно на территориях, примыкающих к выходу на поверхность очаговых разрывов
	ПЯ-7	На поверхности водоемов волны, вода мутнеет от ила, возможно фонтанирование; на замерзших водоемах сильное растрескивание и торошение льда; деформации в донных осадках
	ПЯ-8	В прибрежных зонах возможны цунами с высотой заплеска до 1 метра
	ПЯ-10	На выровненных участках во время землетрясения могут наблюдаться земляные волны
9	ПЯ-2	на водонасыщенных и рыхлых насыпных грунтах массовое развитие трещин, возможно образование грязевых и песчаных вулканчиков (грифонов) и просадок грунтов
	ПЯ-3, ПЯ-4	В равнинных районах происходят значительные оползневые деформации на берегах естественных и искусственных водоемов; в горных районах образуется значительное число оползней и обвалов покровных и скальных грунтов. Отдельные оползни могут достигать объемов в десятки и сотни миллионов кубометров, возможно до первых кубических километров

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

	ПЯ-5	В эпицентральных зонах часто происходят подвижки по тектоническим разрывам на протяжении десятков (до ста) километров и амплитудой до нескольких метров
	ПЯ-6	Возможны тектонические поднятия и опускания до нескольких метров в зонах шириной до первых километров, обычно примыкающих к выходу на поверхность очаговых разрывов;
	ПЯ-7	На поверхности водоемов волны, вода мутнеет от ила, возможно фонтанирование; массовое растрескивание и торошение льда на замерзших водоемах; значительные деформации в донных осадках
	ПЯ-8	В прибрежных зонах возможно цунами с высотой заплеска до 3-5 м
	ПЯ-9	Может отмечаться подбрасывание камней и валунов
	ПЯ-10	Во время землетрясения на выровненных участках наблюдаются хорошо выраженные земляные волны
10	ПЯ-2	В равнинных районах происходят многочисленные грязевые извержения, фонтанирование грунтовых вод, значительные просадки водонасыщенных грунтов, приводящие к наводнениям
	ПЯ-3, ПЯ-4	В равнинных районах происходят многочисленные, иногда крупные оползни; в горных районах – многочисленные обвалы и оползни покровных и скальных грунтов, земляные лавины, грязевые потоки. Отдельные скальные оползни могут достигать объема до нескольких кубических километров
	ПЯ-5	В эпицентральных зонах часто происходят подвижки по тектоническим разрывам на протяжении до ста километров и амплитудой до десяти метров
	ПЯ-6	Возможны тектонические поднятия и опускания территории с амплитудой до нескольких метров на площади 100 - 1000 км ²
	ПЯ-7	На поверхности водоемов наблюдаются волны, вода мутнеет от ила, возможно фонтанирование; происходит массовое растрескивание и торошение льда на замерзших водоемах; значительные деформации в донных осадках
	ПЯ-8	В прибрежных зонах возможно цунами с высотой заплеска до 10 м
	ПЯ-9	Происходит подбрасывание камней и валунов, сейсмовыбросы

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

	ПЯ-10	Во время землетрясения на выровненных участках наблюдаются хорошо выраженные земляные волны; иногда они сохраняются в виде остаточных деформаций
	Площадь, на которой наблюдаются заметные нарушения на поверхности Земли (типы ПЯ-2 – ПЯ-5, ПЯ-7), составляет 100 – 1000 км ² .	
11	ПЯ-2, ПЯ-3, ПЯ-4	Большие деформации покровных и скальных грунтов, многочисленные крупные обвалы и оползни, большие наводнения
	ПЯ-5	В эпицентральных зонах часто происходят подвижки по тектоническим разрывам на протяжении до нескольких сотен километров и с амплитудой подвижек до 10-15 м
	ПЯ-6	Происходят тектонические поднятия и опускания с амплитудой до нескольких метров на площади 10 ³ - 10 ⁴ км ² , особенно в зонах субдукции
	ПЯ-7	На поверхности водоемов наблюдаются волны, вода мутнеет от ила, возможно фонтанирование; массовое растрескивание и торошение льда на замерзших водоемах; значительные деформации в донных осадках
	ПЯ-8	В прибрежных зонах возможны цунами с высотой заплеска до нескольких десятков метров
	ПЯ-9	Подбрасывание камней и валунов, сейсмовыбросы, скол вершин гор
	ПЯ-10	Во время землетрясения наблюдаются хорошо выраженные земляные волны; иногда они сохраняются в виде остаточных деформаций
	Площадь, на которой наблюдаются заметные нарушения на поверхности Земли (типы ПЯ-2 – ПЯ-5, ПЯ-7), составляет 10 ³ - 10 ⁴ км ² . Оценка балльности требует специального исследования.	
12	ПЯ-2 – ПЯ-10	Явления на поверхности Земли проявляются так же, как и при 11 баллах, но на большей площади, до нескольких десятков тысяч км ² . Такая интенсивность возможна при землетрясениях с очагами в земной коре с магнитудами, превышающими 8,0. Оценка балльности требует специального исследования

9.7 Примеры природных явлений при землетрясениях приведены в приложении Г.

ЧАСТЬ 2. ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ ДАННЫЕ

10 Использование сейсмологических данных для оценки сейсмической интенсивности

10.1 Для оперативной оценки сейсмической интенсивности (I в баллах) произошедшего землетрясения допускается использовать сейсмологические данные – магнитуду по поверхностным волнам M_S (M_{LN}) и эпицентральное расстояние R .

10.2 В основе оценок лежит уравнение макросейсмического поля:

$$I = aM_S - b \lg (H^2 + \Delta^2)^{0,5} + c, \quad (11.1)$$

где H – глубина очага,

Δ – эпицентральное расстояние,

a, b, c – эмпирические коэффициенты, равные в среднем $a = 1,5; b = 3,5; c = 3,0$.

При необходимости повышения точности оценок следует применять региональные значения этих коэффициентов, полученные в результате соответствующих исследований.

11 Инструментальные инженерно-сейсмометрические данные

11.1 Стандартные инструментальные шкалы.

11.1.1 Все приведенные соотношения между сейсмической интенсивностью и параметрами движения грунта служат для определения именно сейсмической интенсивности. Значения параметров для расчета зданий и сооружений, как правило, изменяются в зависимости от расчетной модели объекта.

11.1.2 Под стандартными подразумеваются шкалы, в которых сейсмическая интенсивность коррелируется с PGA, PGV, PGD . Все соответствующие коэффициенты корреляции равны $k \approx 0,83$.

11.1.3 Уравнение, связывающее PGA на более интенсивной горизонтальной компоненте с сейсмической интенсивностью I в баллах, имеет вид:

$$I = 2,5 \lg (PGA, \text{см/с}^2) + 1,89 \quad (11.1)$$

11.1.4 Уравнение, связывающее амплитуду PGV на более интенсивной горизонтальной компоненте с сейсмической интенсивностью в баллах I имеет вид:

$$I = 2,13 \lg (PGV, \text{см/с}) + 4,74 \quad (11.2)$$

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

11.1.5 Уравнение, связывающее амплитуду PGD на более интенсивной горизонтальной компоненте с сейсмической интенсивностью в баллах I имеет вид:

$$I = 1,47 \lg (\text{PGD, см}) + 6,26 \quad (11.3)$$

11.2 Многопараметрические инструментальные шкалы

11.2.1 Под многопараметрическими подразумеваются шкалы, в которых сейсмическая интенсивность коррелируется с двумя или более параметрами движения грунта. Одним из таких параметров является продолжительность колебаний d (секунды), определенная как интервал времени, в течение которого амплитуда огибающей превышает половину своего максимального значения.

11.2.2 Одновременный учет величин PGA и d повышает коэффициент корреляции до $k = 0,9$.

Величина, стоящая в правой части уравнения, пропорциональна корню квадратному из энергии волны.

$$I = 2,14 \lg \text{PGA}(\text{см/с}^2) + 1,07 \lg d + 1,7 \quad (11.4)$$

Наилучший результат получен при корреляции между сейсмической интенсивностью и условной мощностью волны $W = \text{PGA} \cdot \text{PGV}$

Эмпирическая формула имеет вид:

$$I = 1,325 \lg (W) + 2,83 \quad (11.5)$$

Коэффициент корреляции для отдельного измерения $k = 0,90$. Коэффициент корреляции для средних оценок распределений $k = 0,999$.

Для практического использования наиболее вероятные значения ускорений приведены в сводной таблице 11.1.

Таблица 11.1 Сводная таблица значений параметров сейсмического движения грунта при различных интенсивностях

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

<i>I</i>, баллы	PGA, см/с²	PGV, см/с	PGD, см	PGA*PGV	PGA*d^{0.5}
1	0.448	0.0167	0.0003	0.007	0.60
1.5	0.704	0.0289	0.0006	0.020	1.0
2	1.12	0.0501	0.0013	0.056	1.62
2.5	1.76	0.0867	0.0028	0.152	2.63
3	2.8	0.15	0.0062	0.42	4.27
3.5	4.4	0.25	0.014	1.1	7.08
4	7.0	0.44	0.030	3.08	11.7
4.5	11.0	0.75	0.063	8.25	19.5
5	17.5	1.3	0.14	22.75	32.4
5.5	28	2.2	0.30	61.6	53.7
6	44	3.8	0.66	167.2	89.1
6.5	70	6.5	1.4	455	151
7	110	11	3.2	1210	251
7.5	175	19	7.0	3325	416
8	280	33	15	9240	691
8.5	440	57	33	25080	1150
9	700	98	72	68600	1900
9.5	1100	170	160	187000	3160
Примечание: Приведённые значения параметров предназначены для оценки сейсмической интенсивности. Для проектирования зданий используются понижающие коэффициенты.					

ЧАСТЬ 3 МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДАННЫХ

12 Оценка средней степени реакции

12.1 При наличии данных по нескольким объектам одного типа средняя степень реакции ***r*** (жирным шрифтом будем показывать средние значения) вычисляется по формуле:

$$\mathbf{r} = (\sum n_i r_i) / (\sum n_i) \quad (12.1)$$

где n_i - число объектов со степенью реакции r_i .

Ошибка оценки ***r*** при этом вычисляется по формуле

$$\sigma_r = \pm [(\sum n_i r_i^2 - \mathbf{r}^2 \sum n_i) / \sum n_i \sum (n_i - 1)]^{0,5} \quad (12.2)$$

(под r понимается r_d , $r_{л}$, $r_{п}$, $r_{и}$ – реакции зданий, людей, предметов, инструментальные данные).

Ошибка при этом принимается следующим образом:

$$\sigma_{и} = \pm 0,5; \sigma_d = \pm 1; \sigma_{п} = \pm 1,5; \sigma_{л} = \pm 1,5 \quad (12.3)$$

12.2 Отметим, что количество раненых и погибших является интегральной характеристикой, причем погрешность использования этих величин меньше, чем по ощущениям людей.

13 Осреднение интенсивности сотрясений, определенной по разным видам и типам объектов-индикаторов

Примечание – Здания, прошедшие техническую инвентаризацию, имеют весовую функцию, повышенную в 1,5 раза.

13.1 Осреднение интенсивности с помощью весовых функций.

При получении различных интенсивности по разным видам или типам объектов средняя интенсивность вычисляется по формуле

$$I_i = \sum I_i f_i / \sum f_i$$

где I_i – интенсивность по некоторому типу объекта i , f_i - весовая функция для данного типа объекта.

Значение весовой функции f_i определяется по формуле

$$f_i = n_i / (k_i v)$$

где n_i – число обследованных объектов данного типа; v – видовой весовой коэффициент (для зданий принимается $v = 1$, для людей $v = 2$, для предметов быта $v = 3$); k_i – весовой переходный коэффициент, который назначается в зависимости от близости средней степени реакции объектов данного типа к *порогу чувствительности* или *зоне насыщения реакции*, а именно:

$$k_i = 5 \text{ при } r_i \leq 0,2 \text{ и } r_i \geq r_{i \max} - 0,2;$$

$$k_i = 2 \text{ при } 0,2 < r_i \leq 0,5 \text{ и } r_{i \max} - 0,2 > r_i \geq r_{i \max} - 0,5;$$

$$k_i = 1 \text{ при } 0,5 < r_i < r_{i \max} - 0,5,$$

r_i – среднее по данным наблюдений и $r_{i \max}$ – максимальная по п.3 степень реакции данного типа.

Для объектов, не имеющих в шкале переходных функций от r_i к I , принимается:

транспортные сооружения $k_i v = 6$; явления на поверхности Земли $k_i v = 10$,

13.2 Осреднение интенсивности с помощью формулы Байеса

Оценка сейсмического эффекта методом проверки гипотез осуществляется по формуле Байеса и состоит в том, что на основании наблюдаемой случайной выборки оценивается апостериорная вероятность по всем гипотезам:

$$P(H_i | E_j) = \frac{P(H_i) P(E_j | H_i)}{\sum_{i=1}^n P(H_i) P(E_j | H_i)},$$

где H_i – гипотеза, нуждающаяся в подтверждении на основании макросейсмического признака E_j .

Условная вероятность $P(E/H)$, выражает меру связи между проявлением реакции макросейсмического признака E на сейсмическое воздействие и интенсивностью H в интервале, соответствующему порогу чувствительности и зоне насыщения реакции.

В качестве исходной используется одновременно информация двух типов: априорная и исходные статистические данные. При этом первая представляется в виде некоторого априорного распределения вероятностей анализируемого параметра, которое характеризует степень уверенности в том, что этот параметр примет то или иное значение еще до начала сбора исходных данных. По мере их поступления это распределение уточняется по формуле Байеса, с помощью которой обеспечивается переход от априорного к апостериорному распределению.

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

Байесовский подход позволяет организовать пошаговое обследование ситуации, в процессе которого можно уточнить первоначальное предположение об априорной вероятности гипотезы. Формула Байеса отражает кусочно-линейную зависимость степени уверенности в данной гипотезе в зависимости от поступающей макросейсмической информации. С поступлением новой порции информации E , относительно начальной гипотезы H , степень уверенности в том, что действительно имеет место гипотеза H , изменяется на величину, пропорциональную условной вероятности $P(E/H)$.

Осреднение интенсивности с помощью формулы Байеса используется при камеральной обработке результатов инженерного обследования последствий землетрясения.

14 Интервалы реакции объектов шкалы на сейсмические воздействия

Каждый тип объектов-индикаторов имеет порог чувствительности и порог насыщения. Между этими порогами существует интервал реакции, близкий к линейной. В таблице 14.1 приведен рабочий интервал для каждого типа объектов.

Таблица 14.1 - Интервалы реакции объектов шкалы на сейсмические воздействия

Тип объектов	Полный интервал реакции, баллы	Интервал реакции, близкой к линейной, баллы
Здания		
C9	6-12	8-10
C8	6-11	7-9
C7	5-10	6-8
C6	4-9	5-7
C5	3-8	4-6
C4	1-8	2-6
Люди		
Л6	8-11	8-11
Л5	8-11	8-11
Л4	5-9	6-8
Л3	4-10	5-8

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

Л2	3-10	5-7
Л1	2-10	4-7
Предметы		
П5	6-9	8
П4	6-8	7
П3	5-7	6
П2	4-6	5
П1	3-5	4

15 Приоритеты типов объектов при оценке сейсмической интенсивности

Во всех случаях при интенсивности 1-9 баллов предпочтение отдается инструментальным наблюдениям, поэтому в таблицу 15.1 этот вид наблюдений не включен.

Таблица 15.1 - Приоритеты видов объектов

I, баллы	Объекты в порядке предпочтения при оценке балльности
1	Люди (ощущения), уравнение макросейсмического поля.
2	Люди (ощущения), уравнение макросейсмического поля.
3	Люди (ощущения), предметы, уравнение макросейсмического поля.
4	Люди (ощущения), предметы, здания, уравнение макросейсмического поля.
5	Предметы, люди (ощущения), здания, уравнение макросейсмического поля, природные явления.
6	Предметы, здания, люди (ощущения), дорожные сооружения, уравнение макросейсмического поля, природные явления.
7	Здания, предметы, люди (ощущения), дорожные сооружения, уравнение макросейсмического поля, природные явления.
8	Здания, дорожные сооружения, предметы, уравнение макросейсмического поля, природные явления, люди (потери).
9	Здания, дорожные сооружения, уравнение макросейсмического поля, природные явления, люди (потери), предметы

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

10	Здания, дорожные сооружения, люди (потери), природные явления.
11	Природные явления, дорожные сооружения, здания, люди (потери).
12	Природные явления.

ПРИМЕРЫ ПОВРЕЖДЕНИЙ РАЗЛИЧНОЙ СТЕПЕНИ ДЛЯ ЗДАНИЙ

Сейсмостойкость						Землетрясение/место		Степень повреждения -d				
C5	C6	C7	C8	C9	C10	Эль Эснам		1	2	3	4	5
		•				Алжир, 1980						•
Тип постройки						Железобетонный каркас с кирпичным заполнением						



Рисунок А.1

Комментарий. Ясная ситуация по отношению к степени повреждения.

Здание было спроектировано с учетом сейсмических нагрузок, соответствующих 7 баллам, но в проекте есть серьезные

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

Сейсмостойкость						Землетрясение/место Эль Эснам Алжир,1980	Степень повреждения -d									
C5	C6	C7	C8	C9	C10		1	2	3	4	5					
		●	○						●							
Тип постройки						Железобетонный каркас с кирпичным заполнением										



Рисунок А.2

Комментарий. Степень повреждения 3: наружная облицовка кирпичной стены не имела армирования и отвалилась. Степень 3 показывает низкое сцепление в кладке и тяжёлые повреждения только ненесущих (неконструктивных) элементов; заметных

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

трещин в штукатурке на других стенах нет. Здание построено по нижнему уровню ASD. Оно имеет не правильную форму в плане. Подходящей представляется уязвимость класса C7.

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

Сейсмостойкость						Землетрясение/место		Степень повреждения -d				
C5	C6	C7	C8	C9	C10			1	2	3	4	5
			●	○		Сан Анжело Ден Ломбарди Италия, 1980		●				
Тип постройки						Железобетонный каркас со средним уровнем						



Рисунок А.3

Комментарий. Постройка с хорошими строительными свойствами: прочные колонны и кирпич с высокой прочностью приводит к менее уязвимому типу здания.

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

Сейсмостойкость						Землетрясение/место Артегна (Фриули) Италия, 1976	Степень повреждения -d				
C5	C6	C7	C8	C9	C10		1	2	3	4	5
	○	●								●	
Тип постройки						Железобетонный каркас с кирпичным заполнением					



Рисунок А.4

Комментарий. Здание рассчитано на средний уровень сейсмостойкости, но со многими дефектами (слабое перекрытие первого этажа, тяжелая крыша), приводящими к очень уязвимой конструкции. Класс сейсмостойкости должен быть C6 или C7 в зависимости от качества производства работ.

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

Сейсмостойкость						Землетрясение/место Кампанья-Базиликата Италия, 1980	Степень повреждения -d				
C5	C6	C7	C8	C9	C10		1	2	3	4	5
		○	●							●	○
Тип постройки						Железобетонный каркас со средним уровнем					



Рисунок А.5

Комментарий. Незаконченная больница со средним уровнем ASD (ускорение основания принято 0,07g в соответствии со строительными нормами); Г - образная (неправильная) в плане форма предлагает более низкий класс сейсмостойкости.

Сейсмостойкость						Землетрясение/место Мехико,1985	Степень повреждения -d				
C5	C6	C7	C8	C9	C10		1	2	3	4	5
		○	●							○	●
Тип постройки						Железобетонный каркас со средним уровнем					



Рисунок А.6

Комментарий. Ж/б здание соответствует среднему уровню ASD, но класс уязвимости не выше C8: здание неправильной формы по отношению к распределению жёсткости (различия на каждом этаже из-за значительных оконных лент).

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

Сейсмостойкость						Землетрясение/место Ленинакан, Армения,1988	Степень повреждения -d				
C5	C6	C7	C8	C9	C10		1	2	3	4	5
	●										●
Тип постройки						Железобетонный каркас с минимальным уровнем					



Рисунок А.7

Комментарий. Железобетонный каркас спроектирован с учетом сейсмических нагрузок и соответствующих среднему уровню ASD; но следует принимать класс сейсмостойкости С6: недостаточная пространственная связь между балками и колоннами; серьёзные дефекты в строительстве; как при производстве работ, так и по качеству и прочности материалов; недооценка (снижение) сейсмической опасности и значений сейсмических нагрузок.

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

Сейсмостойкость						Землетрясение/место Ленинакан, Армения,1988		Степень повреждения -d				
C5	C6	C7	C8	C9	C10			1	2	3	4	5
			●	○						○	●	
Тип постройки						Железобетонный каркас с минимальным уровнем						



Рисунок А.8

Комментарий. Ж/б каркасная конструкция соответствует среднему уровню ASD, но система имеет не регулярность в отношении непрерывности линии горизонтальных балок. Неконструктивные повреждения (ненесущих элементов) предлагают степень повреждения от 3 и 4, склоняясь к 3; детальное внутреннее обследование может увеличит степень повреждения до 4.

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

Сейсмостойкость						Землетрясение/место			Степень повреждения -d				
C5	C6	C7	C8	C9	C10	Сан	Анжело	Ден	1	2	3	4	5
			●	○		Ломбарди					○	●	
Тип постройки						Италия, 1980							
						Железобетонный каркас с кирпичным заполнением							



Рисунок А.9

Комментарий. Здание с умеренным уровнем антисейсмического проектирования. План наземного этажа не слишком регулярен. Кирпичные простенки не отделены от несущего железобетонного каркаса, что привело к очень тяжёлым неконструктивным повреждениям ненесущих элементов.

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

Сейсмостойкость						Землетрясение/место Эль Эснам Алжир, 1980	Степень повреждения -d				
C5	C6	C7	C8	C9	C10		1	2	3	4	5
				•			•				
Тип постройки						Железобетонные здания со средним уровнем					



Рисунок А.10

Комментарий. Железобетонные стены со средним уровнем ASD. Здания в процессе строительства. Есть только одно небольшое повреждение степени 1 (разрушенные здания на переднем плане другого типа).

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

Сейсмостойкость						Землетрясение/место Кайраккум, Таджикистан, 1985	Степень повреждения -d				
C5	C6	C7	C8	C9	C10		1	2	3	4	5
			●	○				●			
Тип постройки						Крупнопанельное здание					



Рисунок А.11

Комментарий. Крупнопанельное здание со средним уровнем ASD. Детальный снимок показывает горизонтальные трещины в месте соединения панелей.

Во время последовательных различных землетрясений в бывшем СССР этот тип зданий пострадал весьма мало и заслуживает назначения класса уязвимости C8.

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

Сейсмостойкость						Землетрясение/место Китай, город Мианжу, 2008	Степень повреждения -d				
C5	C6	C7	C8	C9	C10		1	2	3	4	5
	○	●						●	○		
Тип постройки						Каркасное здание с заполнением из кладки					



Рисунок А.12

Комментарий. Здание с железобетонным каркасом, который заполнен кладкой очень низкого качества. Обычно уже при 7 балльной интенсивности в такой кладке появляются трещины, а при 8 баллах кладка разрушается. В данном случае при интенсивности землетрясения 9 баллов заполнение наружных стен получило повреждения до 3 степени, а внутренних до 4 степени. Каркас школьного здания устоял (d=1-2).

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

Сейсмостойкость						Землетрясение/место Китай, Dujiangyan,		Степень повреждения -d				
C5	C6	C7	C8	C9	C10			1	2	3	4	5
	○	●				2008				●		
Тип постройки						Каркасное здание с заполнением из кладки						



Рисунок А.13

Комментарий. В данном случае всё заполнение из кладки низкого качества выпало из каркасного обрамления и выключилось из работы. Каркас их железобетонных рам устоял. Однако, в некоторых случаях частично оставшееся заполнение каркаса укорачивает высоту железобетонных колон, чем провоцирует потерю их устойчивости.



Рисунок А.14

Комментарий. Здание со стальным каркасом, кирпичными стенами и потолками и с чрезвычайно низкой сейсмостойкостью (класс С4)

(рекомендуемое)

ПАРАМЕТРЫ КОЛЕБАНИЙ ГРУНТА ПРИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯХ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ТРАНСПОРТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Б.1 Приведенные в таблицах Б.1-Б.3 значения параметров колебаний грунта для целочисленных значений силы землетрясения соответствуют действующим нормам строительства в сейсмических районах, шкалам MSK-64.

Параметры колебаний среднего по сейсмическим свойствам грунта для дробных значений силы землетрясения получены с использованием показательных зависимостей между параметрами колебаний грунта (U , V , W) и силой землетрясения I в виде $U = U_0 \cdot 2^I$, $V = V_0 \cdot 2^I$, $W = W_0 \cdot 2^I$, где $U_0 = 0,312$ мм, $V_0 = 0,1625$ мм/с, $W_0 = 7,81$ мм/с², обобщающих предложенные С.В.Медведевым аналогичные зависимости для целочисленных значений балла.

Таблица Б.1 - Параметры колебаний грунта при силе землетрясения, выраженной в долях целого балла ($7,0 \leq I \leq 7,9$)

Сила землетрясения, баллы	Горизонтальные составляющие колебаний грунта (наибольшие значения)		
	Перемещение U , см	Скорость V , см/с	Ускорение W , см/с ²
7,0	4,0	8,0	100
7,1	4,3	8,6	107
7,2	4,6	9,2	115
7,3	4,9	9,8	123
7,4	5,3	10,6	132
7,5	5,7	11,3	141
7,6	6,1	12,1	152
7,7	6,5	13,0	162
7,8	7,0	13,9	174
7,9	7,5	14,9	187

Таблица Б.2 - Параметры колебаний грунта при силе землетрясения, выраженной в долях целого балла ($8,0 \leq I \leq 8,9$)

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

Сила землетрясения, баллы	Горизонтальные составляющие колебаний грунта (наибольшие значения)		
	Перемещение U, см	Скорость V, см/с	Ускорение W, см/с ²
8,0	8,0	16,0	200
8,1	8,6	17,1	214
8,2	9,2	18,4	230
8,3	9,8	19,7	246
8,4	10,6	21,1	264
8,5	11,3	22,6	283
8,6	12,1	24,3	303
8,7	13,0	26,0	325
8,8	13,9	27,9	348
8,9	14,9	29,9	373

Таблица Б.3 - Параметры колебаний грунта при силе землетрясения, выраженной в долях целого балла ($9,0 \leq I \leq 10,0$)

Сила землетрясения, баллы	Горизонтальные составляющие колебаний грунта (наибольшие значения)		
	Перемещение U, см	Скорость V, см/с	Ускорение W, см/с ²
9,0	16,0	32,0	400
9,1	17,1	34,3	429
9,2	18,4	36,8	460
9,3	19,7	39,4	492
9,4	21,1	42,2	528
9,5	22,6	45,3	566
9,6	24,3	48,5	606
9,7	26,0	51,9	650
9,8	27,9	55,7	696
9,9	29,9	59,7	746
10,0	32,0	64,0	800

ПРИМЕРЫ ПОВРЕЖДЕНИЙ ДОРОГ ПРИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯХ

Тип сооружения	Сведения о землетрясении	Степень повреждения				
Автодорожный путепровод	Землетрясение в					
	Узбекистане 19.03.84 (M=7,2; h=15 км)	d ₁	-	-	-	-



Рисунок В.1

Комментарий. Путепровод в г.Чарджоу (Туркмения) запроектирован без учета сейсмических нагрузок, построен в 1963 г. с использованием железобетонных балочных разрезных пролетных строений и железобетонных рамных опор. Путепровод выдержал два семибалльных толчка при Газлийских землетрясениях 8 апреля и 17 мая 1976 г. При землетрясении 1984 г. сила сейсмического воздействия в Чарджоу также достигала 7 баллов. В результате этих толчков в стенках главных балок вблизи их торцов и в подферменниках появились трещины и сколы бетона. Горизонтальные трещины возникли

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

также в ригелях опор под неподвижными опорными частями. В узлах рамных опор обнаружены трещины шириной до 10 мм.

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

Тип сооружения	Сведения о землетрясении	Степень повреждения				
Ограждение проезжей части автодорожного путепровода	Землетрясение в Молдавии 30.08.86 (M=6,8; h≈130 км)	d ₁	-	-	-	-



Рисунок В.2

Комментарий. Карпатские землетрясения с глубокими очагами в районе гор.Вранча имеют максимумы спектров ускорения и смещения сдвинутыми в область повышенных значений периода ($T \geq 0,7$ с). Из-за этого при землетрясении в Молдавии в путепроводах с высокими стоечными опорами при воздействии силой 7 баллов возникли колебания пролетных строений с большими амплитудами. От ударов смежных пролетных строений образовались трещины в подферменниках неподвижных опорных частей и в стойках опор, повреждены блоки ограждения проезжей части над деформационными

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

швами. Упомянутые повреждения не потребовали введения ограничений на движение автомобилей.

Тип сооружения	Сведения о землетрясении	Степень повреждения				
Устой моста	Землетрясение в Дагестане 9.01.75 (M=5,2; h=10 км).	-	d ₂	-	-	-

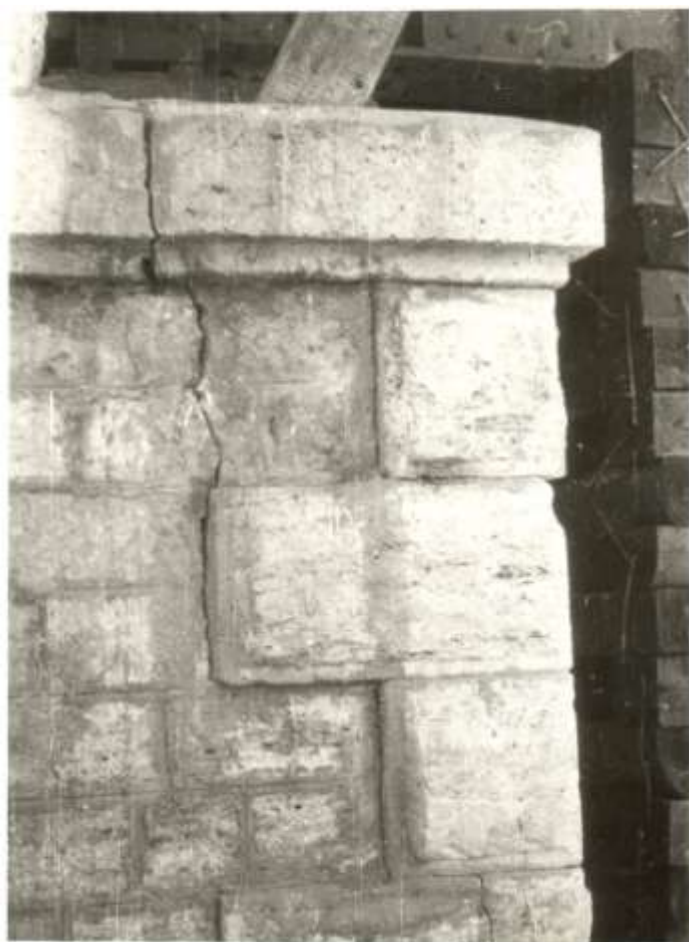


Рисунок В.3

Комментарий. Мост через р.Шура-Озень постройки 1914 г. неоднократно испытывал сейсмические воздействия. В августе 1955 г. при Кумторкалинском землетрясении силой около 7 баллов в кладке промежуточных опор из ракушечника образовались трещины. В 1956 г. произведено инъектирование кладки цементным раствором и забетонированы железобетонные рубашки на промежуточных опорах. После Дагестанского землетрясения 1970 г., проявившегося у моста с силой 8 баллов, в кладке устоя образовались трещины с шириной раскрытия до 5 мм. В результате Буйнакского землетрясения 1975 г. силой 7 баллов ширина трещин увеличилась до 10 мм. Опасный характер трещин потребовал разгрузки устоя от веса поездов. В качестве временной меры рядом с устоем была установлена шпальная клетка. Таким образом, повышенная степень

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

повреждения устоя объясняется неустраненными повреждениями кладки от предшествующих землетрясений.

Тип сооружения	Сведения о землетрясении	Степень повреждения				
Опорная часть моста	Землетрясение в Молдавии 30.08.86 (M=6,8; h≈130 км)	-	d ₂	-	-	-



Рисунок В.4

Комментарий. Атипичное повреждение опорной части при толчке силой 7 баллов. Повышенная тяжесть повреждения опорных частей некоторых мостов при землетрясениях в Молдавии объясняется смещением устоев по направлению к пониженным участкам местности (руслам рек, дну лощин), чему способствует широкое распространение в междуречье Прута и Днестра глинистых отложений, подверженных оползанию при сотрясениях, нарушающих равновесие склонов. Перемещение устоев приводит к срезу ограничителей продольных перемещений в неподвижных опорных частях, закрытию температурных швов, расстройству подвижных опорных частей и образованию трещин в шкафных стенках устоев, в которые упираются торцы пролетных строений. Для выправки положения опорных частей, устранения трещин и других повреждений потребовалось

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

выполнить ремонтные работы, связанные со значительными трудозатратами, а в ряде случаев и с временным прекращением движения на ремонтируемых объектах.

Тип сооружения	Сведения о землетрясении	Степень повреждения				
Железнодорожный мост	Землетрясение в Армении 7.12.88 ($M=7,0$; $h_{cp}=14$ км)	-	-	d_3	-	-



Рисунок В.5

Комментарий. Мост построен в 1945 г. по схеме 2х16 м. Пролетные строения балочные из монолитного железобетона. Устои из бутовой кладки с арочными проемами. При толчке силой 9 баллов в кладке передней стенки одного из устоев образовался разрыв. Насыпи на подходах к мосту дали осадку на 0,5 м. Пропуск нагрузки по мосту из-за полученных повреждений был невозможен.

Мост восстановлен за 6 суток. Вместо демонтированного железобетонного пролетного строения установлено металлическое. Левобережный устой разобран с заменой поврежденной кладки бетонными блоками на цементном растворе.

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

Промежуточная опора усилена железобетонной рубашкой. В проеме правобережного устоя установлена шпальная клетка с плотной подклинкой в замке свода.

Тип сооружения	Сведения о землетрясении	Степень повреждения				
Плитное пролетное строение	Землетрясение в Армении 7.12.88 ($M=7,0$; $h_{cp}=14$ км)	-	-	d_3	-	-



Рисунок В.6

Комментарий. Малый мост на автомобильной дороге местного значения через р.Чичхан. Пролетное строение из железобетонных плит длиной 18 м. Сила землетрясения 9 баллов. Крайняя плита с низовой стороны моста упала одним концом в водоток. Мост требуется капитально отремонтировать с разборкой существующих устоев из бетонных блоков и восстановлением конструкции пролетного строения.

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

Тип сооружения	Сведения о землетрясении	Степень повреждения				
Устой автодорожного путепровода	Землетрясение в Армении 7.12.88 ($M=7,0$; $h_{cp}=14$ км)	-	-	d_3	-	-



Рисунок В.7

Комментарий. Автодорожный путепровод через железную дорогу у ст.Налбанд. Путепровод однопролетный, косой в плане. Пролетное строение из пустотелых железобетонных плит длиной 18 м. Устои массивные с обратными стенками из монолитного бетона. Опорные части резиновые. Сила землетрясения 9 баллов.

В результате землетрясения обратные стенки устоев отделились от массивных передних стенок. Одна из обратных стенок сместилась из проектного положения и наклонилась наружу на 20 см у поверхности конуса насыпи и на 70 см в уровне проезжей части. Несмотря на повреждения устоев, по путепроводу после землетрясения продолжилось движение автотранспорта. По результатам обследования рекомендовано ограничить движение автомобилей и выполнить капитальный ремонт моста.

Тип сооружения	Сведения о землетрясении	Степень повреждения				
Железобетонные сборные балки	Землетрясение в Армении 7.12.88 ($M=7,0$; $h_{cp}=14$ км)	-	-	d_3	-	-

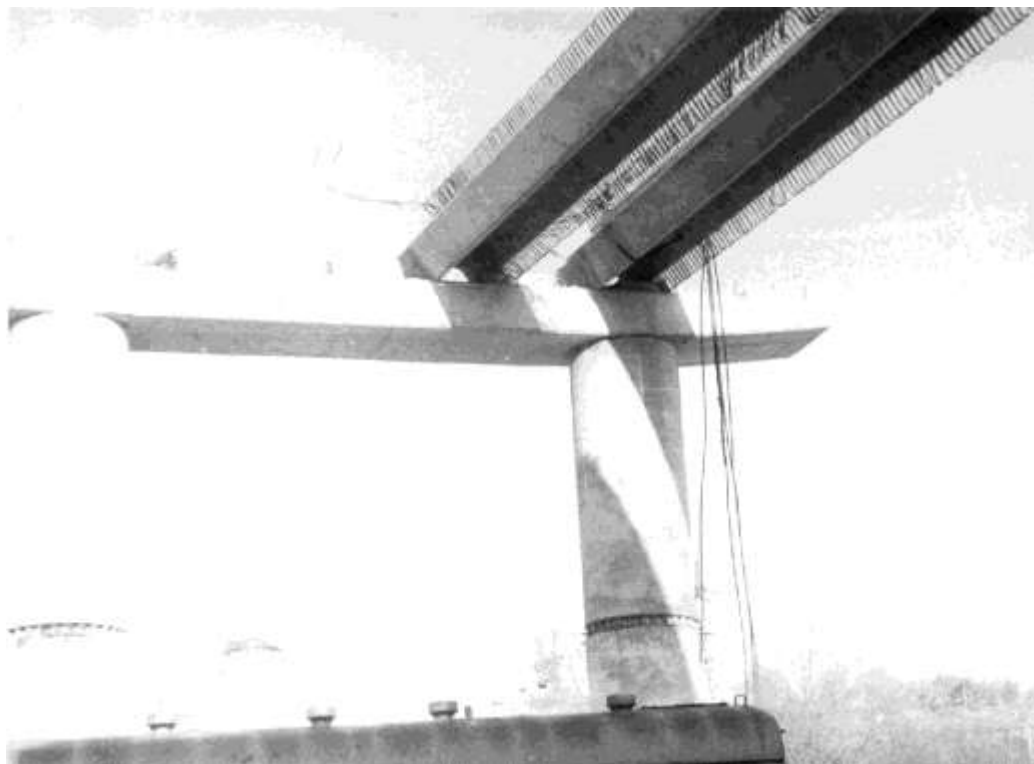


Рисунок В.8

Комментарий. На момент землетрясения в г.Спитак строилась железобетонная эстакада через ж.д. пути и р.Чичхан. Схема эстакады 15х28 м. Опоры двухстоечные из оболочек диаметром 1,6 м, заполненных бетоном. Ригели сборные железобетонные. Пролетные строения из предварительно напряженного железобетона. Высота опор до 24 м. Сила землетрясения 9 баллов. Эстакада запроектирована с учетом землетрясений силой 8 баллов.

При землетрясении сдвинулись три ригеля, не омоноличенные со стойками. Один ригель повис на арматуре выпусков из стоек. Три балки, установленные на подферменники, сдвинулись из проектного положения. Две балки упали на ригели, одна – на грунт. Две балки опрокинулись на бок на месте складирования.

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

Тип сооружения	Сведения о землетрясении	Степень повреждения				
Опора контактной сети	Землетрясение в Армении 7.12.88 ($M=7,0$; $h_{cp}=14$ км)	-	-	d ₃	-	-



Рисунок В.9

Комментарий. Эпицентральная зона Спитакского землетрясения силой 9 баллов. Перегон Спитак - ст.Налбанд. Характерное изменение формы металлической опоры контактной сети, свидетельствующие о работе конструкции в стадии пластических деформаций в зоне наибольших изгибающих моментов.

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

На заднем плане фотографии виден бетонный устой автодорожного путепровода. Обратная стенка устоя оторвана от передней стенки сейсмическим давлением грунта насыпи.

Опора контактной сети подлежит замене.

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

Тип сооружения	Сведения о землетрясении	Степень повреждения				
Трансформатор на тяговой подстанции	Землетрясение в Армении 7.12.88 ($M=7,0$; $h_{cp}=14$ км)	-	-	d ₃	-	-



Рисунок В.10

Комментарий. Сдвиг и опрокидывание силового трансформатора на подстанции Спитак. Сила землетрясения 9 баллов. Аналогичные повреждения имели трансформаторы на ст. Калтахчи. Для временного восстановления электроснабжения железной дороги использованы два энергопоезда.

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

Тип сооружения	Сведения о землетрясении	Степень повреждения				
Пассажирская платформа	Землетрясение в Армении 7.12.88 ($M=7,0$; $h_{cp}=14$ км)	-	-	d ₃	-	-



Рисунок В.11

Комментарий. Платформа Парни расположена на перегоне Спитак-Ленинакан. Сила землетрясения 9 баллов. Разрушение рамной железобетонной опоры, падение на грунт плит настила.

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

Тип сооружения	Сведения о землетрясении	Степень повреждения				
Сцепное антисейсмическое устройство	Землетрясение в Японии 17.01.95 (M=7,2; h=10 км)	-	-	-	d ₄	-



Рисунок В.12

Комментарий. Максимальные значения ускорений колебаний грунта, записанные на нескальных грунтах вблизи тектонического разрыва в Кобе и на берегу морского залива между Кобе и Осака приближались к 0,8g. Землетрясение силой 10 баллов разрушило и повредило много мостов в районе Кобе-Осака, в т.ч. в сейсмостойком исполнении. На фото показан разрыв сцепного антисейсмического устройства, связывающего главные баки соседних разрезных пролетных строений длиной по 52 м. каждое.

Тип сооружения	Сведения о землетрясении	Степень повреждения				
Арочный стальной мост	Землетрясение в Японии 17.01.95 (M=7,2; h=10 км)	-	-	-	d ₄	-



Рисунок В.13

Комментарий. Арочный стальной мост с ездой понизу в двух уровнях построен в 1992 г. Длина конструкции 217 м. Землетрясение силой 10 баллов сдвинуло южный конец пролетного строения поперек оси моста на 2,5 м. Опорный узел одной из двух арок вышел за пределы подферменной плиты опоры, что вызвало дополнительные усилия в ветровых связях. Несколько связей потеряли устойчивость формы.

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

Тип сооружения	Сведения о землетрясении	Степень повреждения				
Сцепное антисейсмическое устройство	Землетрясение в Японии 17.01.95 (M=7,2; h=10 км)	-	-	-	d ₄	-



Рисунок В.14

Комментарий. Через морской канал, ведущий в порт г. Осака, устроен арочный мост пролетом 252 м. Подходы к мосту выполнены в виде эстакады с балочными разрезными пролетными строениями длиной 52 м. При землетрясении силой 10 баллов. одно разрезное пролетное строение сошло с опорных частей и обрушилось на грунт.

Тип сооружения	Сведения о землетрясении	Степень повреждения				
Балочный разрезной мост	Землетрясение в Армении 7.12.88 ($M=7,0$; $h_{cp}=14$ км)	-	-	-	d ₄	-



Рисунок В.15

Комментарий. Схема моста 6x12 м. Пролетные строения сталежелезобетонные с главными балками из двутавров №55. Устои в виде бетонных стенок. Промежуточные опоры массивные, бетонные, имеют ширину по фасаду 80 см. Мост расположен у с.Джрашен в зоне вышедшего на поверхность тектонического разлома. При землетрясении три из шести пролетных строений обрушились. В промежуточных опорах образовались горизонтальные трещины в 0,5 м от поверхности грунта. Повреждения моста вызваны превышением пиковых значений ускорения вертикальных колебаний грунта ускорения силы тяжести. Сила толчка 10 баллов.

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

Тип сооружения	Сведения о землетрясении	Степень повреждения				
Асфальтобетонное покрытие автомобильной дороги	Землетрясение в Узбекистане 19.03.84 (M=7,2; h=15 км)	d ₁	-	-	-	-



Рисунок В.16

Комментарий. Участок автомобильной дороги Бухара-Газли подвергся 7-балльному сейсмическому воздействию. В асфальтобетонном покрытии проезжей части образовалась протяженная продольная трещина, расположенная близко к оси дороги. Полученные деформации не повлияли на пропускную способность дороги. При текущем ремонте дорожной одежды потребуются заделать трещину с помощью битумной мастики.

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

Тип сооружения	Сведения о землетрясении	Степень повреждения				
Полувыемка с ограждающей стенкой из габионов	Землетрясение в Армении 7.12.88 ($M=7,0$; $h_{cp}=14$ км)	d_1	-	-	-	-



Рисунок В.17

Комментарий. Полувыемка расположена на участке между станциями Иджеван и Дилижан, где сила землетрясения была 7 баллов. На скальном откосе обнаружены свежие трещины. Пространство за ограждающей стенкой полностью заполнено осыпавшимся с поверхности откоса песчаным и щебенистым элювием. Осыпь не вызвала необходимости введения ограничений на движение поездов.

Для обеспечения безопасности движения поездов в подобных условиях требуется предусматривать увеличение пазухи за ограждающей стенкой, удаление с откоса неустойчивые глыб, меры по защите дороги от камнепадов с помощью металлической сетки, прикрепленной к откосу.

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

Тип сооружения	Сведения о землетрясении	Степень повреждения				
Откос выемки с ограждающей стенкой	Землетрясение в Армении 7.12.88 ($M=7,0$; $h_{cp}=14$ км)	d_1	-	-	-	-



Рисунок В.18

Комментарий. Сила землетрясения на станции Дилижан 7 баллов. Ближайший к откосу выемки станционный путь был защищен от камнепадов ограждающей стенкой, сложенной из бетонных блоков на растворе. При землетрясении пазуха за стенкой была полностью заполнена осыпавшимся и обвалившимся грунтом с выходом камней и дресвы на станционный путь. Общий объем грунта на участке длиной 18 км, который пришлось в экстренном порядке убирать за пределы габарита пути, составил около 500 м^3 . Для обеспечения безопасности движения поездов при землетрясениях силой более 7 баллов потребуется реконструкция ограждающей стены с увеличением ее длины и высоты, либо стабилизация откоса с помощью, например, укладки на его поверхность полотен из полипропилена, армированных стальной сеткой двойного кручения.

Тип сооружения	Сведения о землетрясении	Степень повреждения				
Откос полувыемки, с ограждающей стенкой из бетонных блоков	Землетрясение в Армении 7.12.88 ($M=7,0$; $h_{cp}=14$ км)	d_1	-	-	-	-



Рисунок В.19

Комментарий. Участок дороги между населенными пунктами Дилижан и Фиолетово. Сила землетрясения 7 баллов. На обочине и частично на проезжей части дороги образовалось скопление песка, дресвы и камней, скатившихся по откосу при землетрясении. Пазуха ограждающей стенки полностью заполнена грунтом. На участке необходимы дополнительные мероприятия по защите дороги от осыпей и камнепадов, в том числе за счет стабилизации склона и увеличения объема грунта, улавливаемого ограждающей стенкой.

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

Тип сооружения	Сведения о землетрясении	Степень повреждения				
Насыпь железной дороги	Землетрясение в Таджикистане 13.10.85 (M=6,0; h=10 км)	-	d ₂	-	-	-



Рисунок В.20

Комментарий. При Кайраккумском землетрясении локальные повреждения земляного полотна наблюдались вблизи устоев мостов и над водопропускными трубами. В этих местах вблизи г.Кайраккум в насыпях железных и автомобильных дорог образовались продольные трещины шириной раскрытия до нескольких сантиметров и протяженностью до 20 м. Осадки песчаных насыпей высотой 6-8 м составляли несколько дециметров. С откосов насыпей грунт местами оползал. Сила землетрясения в г.Кайраккум и его окрестностях 8 баллов. После землетрясения в местах осадок насыпей путь выравнивался за счет укладки дополнительного балласта.

Для уменьшения осадок насыпей на слабых основаниях в сейсмических районах могут быть использованы георешетки, состоящие из композитных лент, изготовленных из высокопрочных полиэфирных нитей, заключенных в полиэтиленовую оболочку. Повысить сейсмоустойчивость насыпей можно с помощью геосинтетики, армирующей тело насыпи, а также подпорных стен, включая стены из габионов, заанкеренных в тело насыпи металлическими сетками.

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

Тип сооружения	Сведения о землетрясении	Степень повреждения				
Полоса отвода дороги	Землетрясение в Узбекистане 19.03.84 (M=7,2; h=15 км).	-	d ₂	-	-	-



Рисунок В.21

Комментарий. Участок автомобильной дороги Бухара – Газли. Сила землетрясения 7 баллов. В полосе дороги покровные отложения представлены мелкими и пылеватými песками при близком к поверхности уровне грунтовой воды. При землетрясении произошло разжижение грунта с последующей осадкой, образование разрывов в откосах и обочинах земляного полотна, нарушение ровности асфальтобетонного покрытия, потребовавшее небольших по объему и времени выполнения ремонтных работ.

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

Тип сооружения	Сведения о землетрясении	Степень повреждения				
Асфальтобетонное покрытие автомобильной дороги	Землетрясение в Узбекистане 19.03.84 (M=7,2; h=15 км)	-	d ₂	-	-	-



Рисунок В.22

Комментарий. Повреждения дорожных сооружений при Газлийском землетрясении наблюдались на расстояниях до 150 км от эпицентра, располагавшегося в 30 км к северу от поселка Газли, где основной толчок имел силу 8 баллов. При землетрясении в покрытии проезжей части автомобильных дорог в Газли образовались многочисленные трещины и разрывы с амплитудой относительного смещения краев до одного дециметра, препятствующие движению автомобилей с высокой скоростью.

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

Тип сооружения	Сведения о землетрясении	Степень повреждения				
Откос выемки, опоры контактной сети на подходе к мосту через р.Храми	Землетрясение в Грузии 13.05.86 (M=5,6; h=15 км).	-	d ₂	-	-	-



Рисунок В.23

Комментарий. Атипичное повреждение дорожной выемки при воздействии силой 7 баллов. Повышенная степень повреждений d₂ вызвана неблагоприятными местными условиями. Откос выемки сложен водонасыщенным песком озерного происхождения, перекрытым маломощным слоем вулканических отложений (туфа). При землетрясении слой песка превратился в разжиженную массу, которая переместилась к основной площадке земляного полотна, частично выйдя на путь. Слой туфа распался на отдельные глыбы, сместившиеся по откосу. Под давлением оползня одна опора контактной сети наклонилась в сторону пути.

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

Тип сооружения	Сведения о землетрясении	Степень повреждения				
Откос выемки	Землетрясение в Армении 7.12.88 ($M=7,0$; $h_{cp}=14$ км).	-	d_2	-	-	-



Рисунок В.24

Комментарий. Участок железной дороги вблизи станции Куйбышево. Сила землетрясения 7 баллов. Активизация оползня в откосе выемки со смещением грунта по поверхности контакта между делювиальным плащом и коренной породой. Опоры линии железнодорожного электроснабжения сместились из проектного положения. Повышенная тяжесть повреждений (d_2), атипичная для 7-балльных землетрясений, вызвана неблагоприятными инженерно-геологическими условиями (рыхлостью делювиальных отложений, вовлеченных в оползневой процесс). На участке требуется осуществить мероприятия по стабилизации откоса.

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

Тип сооружения	Сведения о землетрясении	Степень повреждения				
Горный участок автомобильной дороги	Землетрясение в Армении 7.12.88 ($M=7,0$; $h_{cp}=14$ км).	-	d_2	-	-	-



Рисунок В.25

Комментарий. Участок автомобильной дороги около села Ваагни. Сила землетрясения 8 баллов. Обвал глыбы со скального борта ущелья р.Памбак на проезжую часть. Повреждено асфальтобетонное покрытие проезжей части.

Тип сооружения	Сведения о землетрясении	Степень повреждения				
Верхнее строение пути	Землетрясение в Армении 7.12.88 ($M=7,0$; $h_{cp}=14$ км).	-	-	d_3	-	-



Рисунок В.26

Комментарий. Тупиковый путь грузового двора в г.Спитак испытал сейсмическое воздействие силой 9 баллов. Рельсы изогнуты на протяжении двух звеньев. Стрелки остаточного прогиба до 70 см. Для восстановления движения требуется переложить путь с заменой деформированных рельс.

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

Тип сооружения	Сведения о землетрясении	Степень повреждения				
Автомобильная дорога с асфальтобетонным покрытием	Землетрясение в Таджикистане 13.10.85 (M=6,0; h=10 км).	-	-	d ₃	-	-



Рисунок В.27

Комментарий. Сила землетрясения 8 баллов. Дорога с асфальтобетонным покрытием разрушена оползнем, образовавшимся на склоне левого берега р.Сыр-Дарья ниже Кайраккумского водохранилища. Оползень захватил покровные отложения в нижней части склона, представленные делювиальным чехлом из мелкого и пылеватого водонасыщенного песка. Пылеватых фракций в песке содержится 62%, частицы крупнее 0,25 мм отсутствуют.

Тип сооружения	Сведения о землетрясении	Степень повреждения				
Скальный откос	Землетрясение в Армении 7.12.88 ($M=7,0$; $h_{cp}=14$ км).	-	-	d_3	-	-



Рисунок В.28

Комментарий. Небольшой обвал скальной породы на обочину и проезжую часть автомобильной дороги рядом с железнодорожным путепроводом. Путепровод расположен в трех км от станции Налбанд на участке между станциями Спитак и Налбанд. Сила землетрясения 9 баллов.

Общий объем скальных обвалов на железнодорожный путь на участке Спитак – Налбанд составил около 10 тыс. м³. Многочисленные обвалы произошли также в полосе автомобильной дороги. Отдельные глыбы объемом до 10 м³ отрывались от бровки скального откоса, сложенного трещиноватым туфом. Высота откоса над уровнем проезжей части дороги достигла 100 м. Некоторые глыбы, скатываясь на дорогу, ударялись в движущиеся автомобили, сбрасывая их на дно долины в р.Памбак

Тип сооружения	Сведения о землетрясении	Степень повреждения				
Городская набережная	Землетрясение в					
	Таджикистане 13.10.85 (M=6,0; h=10 км)	-	-	d ₃	-	-



Рисунок В.29

Комментарий. Сила землетрясения 8 баллов. Набережная в г.Кайраккум повреждена на участке общей длиной несколько сотен м. Повреждение степени d₃ вызвано потерей устойчивости насыпного водонасыщенного грунта в основании проезда по набережной. При землетрясении массив насыпного грунта был разбит на отдельные блоки (оползневые ступени), которые сместились в сторону водохранилища от стенки отрыва высотой до 1,5 м. Повышенная тяжесть повреждения вызвана неблагоприятными местными инженерно-геологическими условиями. Железобетонная ограда по границе набережной не разрушилась. Это подтверждает вывод о том, что разрушение набережной вызвано слабостью водонасыщенных грунтов в ее основании.

Тип сооружения	Сведения о землетрясении	Степень повреждения				
Автомобильная дорога с твердым покрытием	Землетрясение в Таджикистане 13.10.85 (M=6,0; h=10 км)	-	-	d ₃	-	-



Рисунок В.30

Комментарий. С наибольшей силой 8 баллов землетрясение проявилось на территории г.Кайраккум и у селения Куптулюк. Автомобильная дорога у с.Куптулюк проходит в нижней части берегового склона долины Сыр-Дарьи. В основании дороги залегал пылеватый водонасыщенный песок. При землетрясении песок пришел в разжиженное состояние, что привело к образованию грязевого потока шириной около 400 м. Разжижение охватило слой мощностью до 3-4 м. Объем грязевого потока составил несколько тысяч м³. Твердое покрытие дороги распалось на отдельные куски, которые поток перенес по слабонаклонной в сторону реки пойме на расстояние до 100 м от подножия берегового склона. Атипичная для 8-ми балльных толчков степень повреждения d₃ объясняется неблагоприятными местными инженерно-геологическими условиями.

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

Тип сооружения	Сведения о землетрясении	Степень повреждения				
Земляное полотно автомобильной дороги	Землетрясение в Коста-Рике 22.04.91 (M=7,5; h=21,5 км).	-	-	-	d ₄	-



Рисунок В.31

Комментарий. Сила землетрясения 10 баллов по шкале MSK-64, продолжительность сильных колебаний 35 с. Во многих местах разжижение грунта. Полное разрушение дорог в эпицентральной зоне. Для разрушенных участков общей протяженностью более 50 км характерно образование глубоких разрывов, вытянутых вдоль дороги и пересекающих земляное полотно на две примерно одинаковые части.

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

Тип сооружения	Сведения о землетрясении	Степень повреждения				
Участок дороги на подходе к мостовому переходу	Землетрясение в Коста-Рике 22.04.91 ($M=7,5$; $h=21,5$ км).	-	-	-	d ₄	-



Рисунок В.32

Комментарий. Сила землетрясения 10 баллов. Из-за осадки насыпи на подходе к мосту через реку на проезжей части дороги образовалась ступень высотой около 1 м.

Тип сооружения	Сведения о землетрясении	Степень повреждения				
Железнодорожная станция	Землетрясение в Армении 7.12.88 ($M=7,0$; $h_{cp}=14$ км)	-	-	-	d_4	-

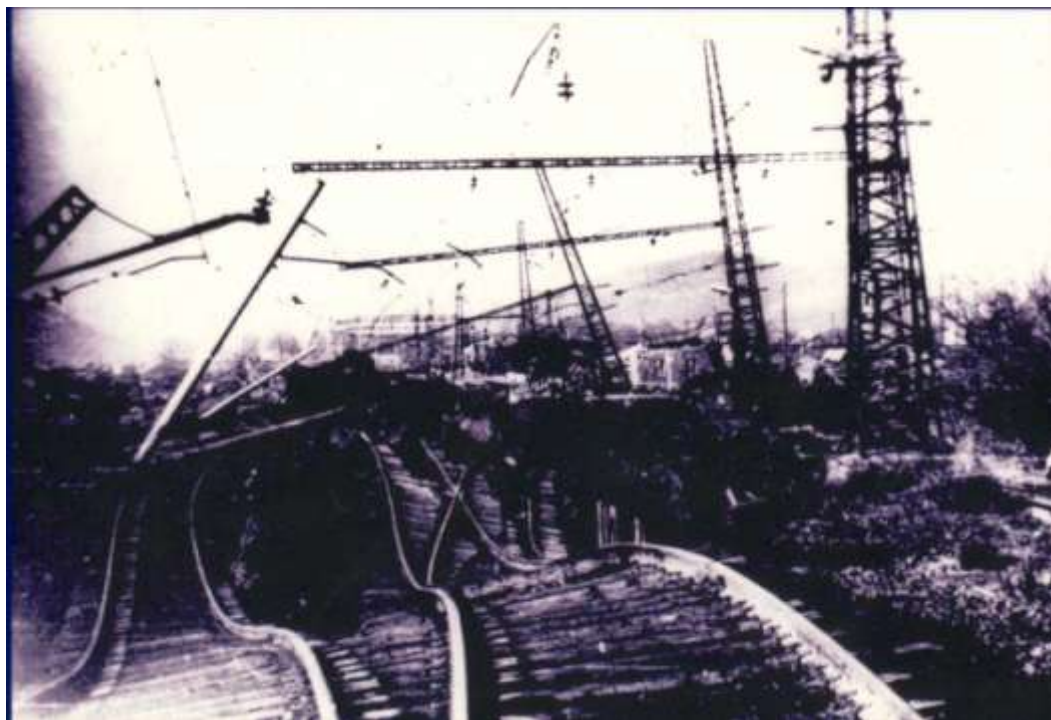


Рисунок В.33

Комментарий. Поврежденный участок Закавказской железной дороги построен в 1898-1902 гг., электрофицирован в 1951-1952 гг. Станция Налбанд устроена на площадке из пылеватого песка, добытого из отложений р.Памбак. При строительстве насыпь уложена на наклоненную в сторону р.Памбак поверхность туфа. Грунт насыпи насыщен водой, поступающей с ближайшего склона при таянии снега и сбрасываемой из жилых домов.

При землетрясении силой 9 баллов водонасыщенная часть насыпи на протяжении более 200 м пришла в разжиженное состояние. Расположенная выше уровня грунтовой воды часть насыпи разделилась на оползневые ступени, сместившиеся вниз по склону вместе со станционными путями. Сейсмическим воздействием разрушено здание ст.Налбанд, устройства электроснабжения, СЦБ и связи, опрокинуты вагоны товарного поезда. Атипичная степень повреждений d_4 вызвана неблагоприятными местными инженерно-геологическими условиями. Движение по участку поездов на тепловозной тяге началось на 5^е сутки после землетрясения. Электроснабжение железной дороги

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

восстановлено спустя 8 суток после основного толчка. Работы по ликвидации последствий землетрясения на дороге завершены в 1989 г.

ПРИМЕРЫ ПРИРОДНЫХ ЯВЛЕНИЙ ПРИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯХ

Природное явление	Сведения о землетрясении
Подвижка по разрыву на правом борту долины р. Чон-Аксу	Кеминское землетрясение в Кыргызстане 04.01.1911 (M=8,2; коровое)



Рисунок Г.1



Рисунок Г.2



Рисунок Г.3

Комментарий. Землетрясение сопровождалось образование системы разрывов суммарной протяженностью около 200 км. В долине реки Чон-Аксу амплитуда смещения по разрыву составила более 5 м, что привело к образованию тектонической дамбы и подпрудных озер, одно из которых, с торчащими из воды стволами деревьев показано на верхнем снимке. Тектоническая дамба на этом участке сложена коренными породами.

Западнее разрыв прошел в толще ледниковых отложений мощностью свыше 100 м и проявился в виде полосы широких зияющих трещин, хорошо сохранившихся за 90 лет, прошедшие после землетрясения (фотографии сделаны в 2000 г.)

Интенсивность землетрясения на этом участке может быть оценена в 10-11 баллов

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

Природное явление	Сведения о землетрясении
Скальный оползень	Кеминское землетрясение в Кыргызстане 04.01.1911 (M=8,2; коровое)



Рисунок Г.4

Комментарий. Наряду с разрывообразованием землетрясение привело к образованию большого числа оползней и обвалов, крупнейший из которых произошел на северном побережье оз. Иссык-Куль. Обрушение произошло на склоне, сложенном гранитами. В нижней части склона граниты сильно раздроблены благодаря близости к зоне разлома, проходящей в основании склона. При землетрясении на этом участке также произошла подвижка по разрыву. Объем оползня составляет 20-30 миллионов м³.

Интенсивность землетрясения на этом участке может быть оценена в 10-11 баллов.

Природное явление	Сведения о землетрясении
Подвижка по разрыву, оползни в неоген-четвертичных отложениях	Суусамырское землетрясение в Кыргызстане 19.08.1992 (M=7,3; верхнекоровое)



Рисунок Г.5



Рисунок Г.6

Комментарий. На этом участке образовался короткий (около 500 м) сейсмогенный надвиг с высотой уступа 2,5 м. Разрыв пересек реку, вызвав частичное изменение русла (новое русло на переднем плане). При этом на склонах гряды, проходящей вдоль долины р. Суусамыр вблизи от разрыва, показанного на предыдущей фотографии, образовались многочисленные оползни объемом в десятки и первые сотни тысяч кубометров. Необходимо отметить, что все они произошли на тех участках, где признаки оползневых смещений наблюдались и до землетрясения. В то же время на многих участках активизации оползневых процессов не произошло. На этом же участке есть признаки, указывающие на подбрасывание камней.

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

По совокупности признаков и с учетом характера повреждения немногочисленных построек недалеко от этого участка (повреждения 5 степени у одноэтажных домов из камня с цементным связующим и 2 степени у щитового дома) интенсивность сотрясений может быть оценена в 9 баллов.

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

Природное явление	Сведения о землетрясении
Обвал на склоне	Суусамырское землетрясение в Кыргызстане 19.08.1992 (M=7,3; верхнекоровое)



Рисунок Г.7

Комментарий. Обвал коренных пород (гранитоидов) произошел в верхней, выпуклой части склона на правом борту долины р. Кокомерен. Объем обрушения составил около 100 м³. Судя по характеру повреждения несейсмостойких построек в близлежащем селении (саманные, реже щитовые дома), интенсивность сотрясений на этом участке не превышала 7 баллов.

Природное явление	Сведения о землетрясении
Подвижка по разрыву	Венчуанское землетрясение 12.05.2008 г. (M=8,0; коровое) фото А.А. Пономарева



Рисунок Г.8

Комментарий. Один из основных разрывов, активизировавшихся при Венчуанском землетрясении, прошел по территории школы, между старым (слева) и новым (справа) корпусами. Несмотря на значительную (~2 м) амплитуду подвижки, степень повреждения зданий относительно невелика. У старого корпуса (ж/б каркас с кирпичным заполнением) повреждения 3 степени. У нового, сейсмостойкого, корпуса повреждения не выше 2 степени (снимок сделан в сентябре 2009 г). Следует обратить внимание, что кирпичная будка на заднем плане, оказавшаяся непосредственно на линии разрыва, наклонена, но не разрушена.

С учетом состояния зданий в окрестностях школы, интенсивность сотрясений на этом участке не превышала 8 баллов

Природное явление	Сведения о землетрясении
Комплекс неблагоприятных природных явлений	Венчуанское землетрясение 12.05.2008 г. ($M=8,0$; коровое) фото А.А. Пономарева



Рисунок Г.9



Рисунок Г.10

Комментарий. Город Бейчуан, оказавшийся на линии основного сейсмогенерирующего разлома испытал воздействие комплекса первичных и вторичных эффектов землетрясения. Помимо подвижки по разрыву и интенсивных сотрясений, вызвавших повреждения зданий вплоть до 5 степени (полоса у подножия склона на нижнем снимке, приуроченная к выходу разрыва на поверхность), на город с обоих бортов долины обрушилось два крупных оползня объемом 6-7 миллионов кубометров, полностью уничтоживших все сооружения, оказавшиеся на их пути. Частичное затопление территории города (на заднем плане на верхнем снимке) обусловлено прорывом завальной плотины выше по течению реки и засорением русла материалом, вынесенным из тела плотины. Через несколько месяцев после землетрясения, часть разрушенного города

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

(слева на верхнем снимке) была затоплена мощным селевым потоком, завалившем некоторые уцелевшие здания до уровня 3 этажа.

С учетом огромной площади массового распространения обвалов, оползней и других природных последствий землетрясения, его интенсивность оценивается в 11 баллов.

Природное явление	Сведения о землетрясении
Падение глыбы со склона	Венчуанское землетрясение 12.05.2008 г. (M=8,0; коровое)



Рисунок Г.11

Комментарий. Полное разрушение здания в уезде Венчуан, вблизи от эпицентра землетрясения в результате падения отдельной глыбы. Такие явления не могут использоваться для оценки интенсивности землетрясения. Следует отметить, что стоящие рядом аналогичные здания явно несейсмостойкой конструкции имеют повреждения не выше 3-4 степени. Оценка интенсивности сотрясений для территории этого уезда в 11 баллов дана с учетом огромной площади массового распространения обвалов, оползней и других природных последствий землетрясения.

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

Природное явление	Сведения о землетрясении
Подъем участка морского дна	Невельское землетрясение 02.08.2007 г. (M=6,1; верхнекоровое)



Рисунок Г.12



Рисунок Г.13

Комментарий. При землетрясении произошло поднятие прибрежной части морского дна на протяжении примерно 5 км и шириной до 250 м с максимальной амплитудой до 1,0-1,5 м. При этом амплитуда смещения увеличивалась по мере удаления от берега. Поднятые участки наследуют мелководья, существовавшие до землетрясения и разделенные устьем р. Казачка и входом в акваторию Невельского порта. Землетрясение сопровождалось незначительным цунами высотой от 0,8 до 3,2 м.

Судя по характеру повреждения зданий и сооружений на территории города Невельска, вытянутого вдоль береговой линии, интенсивность сотрясений при этом землетрясении не превышала 8 баллов.

Природное явление	Сведения о землетрясении
Подъем участка морского дна	Невельское землетрясение 02.08.2007 г. (M=6,1; верхнекоровое)



Рисунок Г.14

Комментарии. Трещина в рыхлом грунте на склоне над городом Невельск.

Несмотря на значительную крутизну склонов, сложенных кайнозойскими алевролитами, песчаниками и аргиллитами, перекрытыми чехлом рыхлых отложений, землетрясение не привело к образованию сколько-нибудь значительных оползней. Удалось обнаружить только несколько трещин в рыхлых отложениях.

С учетом характера повреждений зданий в части города, примыкающей к этому участку, интенсивность сотрясений здесь не превышала 7 баллов.

Природное явление	Сведения о землетрясении
Грандиозный скальный оползень	Сарезское землетрясение 18.02.1911 г. (M=7,4); коровое



Рисунок Г.15



Рисунок Г.16

Комментарий. Усойский завал объемом $2,2 \text{ км}^3$, образовавшийся при Сарезском землетрясении, крупнейшее сейсмогенное склоновое смещение на суше за всю историю наблюдений. Сместившийся клинообразный блок (верхний снимок – стенка отрыва)

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

образовал плотину высотой более 500 м (снимок внизу). По своим масштабам этот оползень превосходит, иногда на 1-2 порядка оползни, образовавшиеся при других известных землетрясениях, в том числе с магнитудами $>8,0$. Судя по тому, что наиболее сильные разрушения кишлаков отмечались на сравнительно небольшой территории, преимущественно ниже по течению от завала, интенсивность сотрясений не превышала 9 баллов. Усойский завал – характерный пример сейсмогенного оползня по параметрам которого определять интенсивность сотрясений некорректно.

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

Природное явление	Сведения о землетрясении
Оползни в лессовидных суглинках	Гиссарское землетрясение 23.01.1989 г. (M=5,5); верхнекоровое



Рисунок Г.17



Рисунок Г.18



Рисунок Г.19

Комментарий. Мелкофокусное землетрясение привело к образованию двух крупномасштабных оползней в лессовидных суглинках. Один из них (на верхнем снимке), смещаясь с высокой скоростью в северном направлении, завалил кишлак Шарора с большинством его жителей. Второй, на противоположном склоне той же гряды (средний

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

снимок), хотя и охватил большую площадь, двигался сравнительно медленно, так что жители смогли уйти, хотя дома были затоплены грязью по крышу (нижний снимок). Судя по тому, что несейсмостойкие здания сами по себе были повреждены незначительно, интенсивность сотрясений на этом участке не превышала 7 баллов.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. КРИТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ШКАЛ MSK-64 И EMS-98

Практика показала, что наряду с очевидными достоинствами шкала MSK-64 имеет и существенные недостатки:

не установлена категория шкалы;

ограниченность классов объектов, в том числе ограниченность типов зданий, используемых в шкале;

использование краевой, а не более устойчивой средней части распределения объектов по степеням реакции;

применение нечетких словесных характеристик статистических распределений реакции объектов (“отдельные” - около 5%; “многие” - около 50%; “большинство” - около 75% от общего числа объектов в выборке), затрудняющих оценку в промежуточных ситуациях;

неравномерность перехода от степени повреждений к интенсивности в зоне 6 - 8 баллов;

неопределенность относительно использования инструментальных характеристик для оценки сейсмической интенсивности;

несоответствие инструментальных оценок, характеризующих интенсивность, фактическому материалу;

отсутствие возможности оценки интенсивности по сейсмологическим параметрам.

Использовать инструментальную часть старой шкалы тоже нельзя, поскольку накопленные за полвека записи сильных сейсмических движений грунта убедительно показывают, что приведенные в шкале MSK-64 значения амплитуд колебаний грунта при сильных землетрясениях существенно занижены. Кроме того, в шкале MSK-64 делается целый ряд необоснованных допущений и предположений, не подтвердившихся эмпирическими данными. Наибольшие погрешности связаны с предположением об изменении амплитуды ускорений вдвое при изменении сейсмической интенсивности на балл. Другим источником погрешности является предположение о равенстве шага инструментальных шкал по ускорениям, скоростям. Смещения грунта в шкале MSK-64 даже не упоминаются, хотя во многих случаях, например, при проектировании мостов, гидротехнических сооружений этот параметр также приходится учитывать. Допущение об удвоении амплитуды колебаний (ускорений, скоростей, смещений) является серьезным источником ошибок при инструментальных методах СМР. Предупреждение о нежелательности использования этой шкалы для перехода от баллов к ускорениям грунта

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

имелось еще в описании карты сейсмического районирования 1978 года [Сейсмическое ..., 1980]. Шкала и методика ее применения должны в максимальной степени исключить субъективный фактор. Испытание шкалы MMSK-86 [Шкала..., 1987], разработанной под руководством Н.В. Шебалина, при обследовании последствий Спитакского землетрясения показало высокую воспроизводимость результатов: обработка фактического материала привела различных наблюдателей к одинаковым оценкам, даже в тех случаях, когда апрторные оценки существенно различались. Учет опыта Спитакского землетрясения привел к шкале MMSK-92 [Шкала..., 1993], где, в частности, сейсмическая интенсивность в баллах коррелируется с ускорениями, скоростями, смещениями и другими характеристиками сейсмического движения грунта. Шкала MMSK-92 лежит в основе новых шкал, в частности, региональной шкалы для Прибайкалья [Шерман и др., 2003]. По отношению к модернизации сейсмической шкалы существует множество различных мнений, что, скорее всего, связано с недостаточным знанием проблемы. Одни считают, что достаточно уточнить инструментальную часть шкалы и дополнить ею шкалу EMS-98. Естественно, инженеров-проектировщиков интересует только диапазон интенсивностей 6-9 баллов. Некоторые исследователи считают макросейсмическую часть шкалы вообще ненужной [Дарбинян, 2005]. Между тем, при оценке сейсмической опасности для повышения точности оценок при общем сейсмическом районировании (ОСР), детальном сейсмическом районировании (ДСР) и при микрорайонировании (СМР) необходимо учитывать все, даже весьма слабые ощутимые землетрясения.

Попытки усовершенствования шкалы делались неоднократно как в нашей стране, так и за рубежом [Сейсмическая ..., 1975; Medvedev, 1977; Медведев, 1978; Report ..., 1981;

Sponheuer, Bormann, 1981; Thoughts..., 1989; Minutes..., 1990; Мартемьянов, Ширин, 1982; Аптикаев, 1972; Шебалин, 1975; Ершов, 1982; Аптикаев, Шебалин, 1989; 1993 и др.]. Во исполнение резолюции Европейской сейсмологической комиссии 1978 г. в ЕСК была создана Специальная группа по макросейсмической шкале. Однако, на наш взгляд, группе не удалось решить ни одной серьезной проблемы, связанной с модификацией шкалы MSK-64, за исключением более удачной редакции текста для интенсивности 1-3 балла. Это тем более досадно, что многими участниками был высказан ряд весьма важных предложений для решения этих проблем. В итоге в разработанной Специальной группой шкале [Grunthal, 1998], получившей название EMS (European Macroseismic Scale), сохранилось большинство недостатков, присущих шкале MSK-64.

Остановимся на основных недостатках макросейсмической шкалы EMS. Основным, решающим недостатком всей работы является несбалансированный подход к компонентам шкалы. Если типизация зданий явилась предметом внимательного

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

рассмотрения, то одинокие призывы вспомнить о резолюции 1978 года и заняться изучением полных распределений числа объектов (зданий) по всем степеням повреждений от 0 (без повреждений) до 5 (полный обвал здания) остались без внимания, и группа без конца дискутировала смысл и содержание весьма рыхлых понятий - “отдельные”, “многие”, “большинство”. Статистику признаков предлагалось заменить статистикой встречаемости в индивидуальных описаниях сведений о реакции “отдельных”, “многих” или “большинства” объектов [Minutes..., 1990; Grunthal, 1998]. Не случайно, грубые, но хотя бы четкие оценки 5, 20 и 55% С.В.Медведева были заменены перекрывающимися интервалами 0-20%, 10-60%, 50-100%, что, как легко показать, при определенных “раскладах” может вызвать ошибку до 1.5 баллов. На этапе 1990 г. группа отказалась и от сопоставления описательных характеристик с сейсмометрическими данными, считая это компетенцией инженеров [Minutes..., 1990]. Между тем, инструментальная шкала сейсмической интенсивности наряду со шкалой степеней реакции объектов на сейсмические воздействия, уравниванием макросейсмического поля и площадями, оконтуриваемыми изосейстами, позволяют оценить равномерность сейсмической шкалы [Ершов, 1982].

Пока нет уверенности в том, что шкала сейсмической интенсивности является именно шкалой интервалов, невозможно ее использование для расчета приращений при микрорайонировании, в расчетах сотрясаемости и т.д. В шкалах порядка недопустимы арифметические операции с получаемыми оценками, операции их осреднения, сравнения приращений и т.п., а в шкалах интервалов все указанные операции возможны [Суппес, Зинес, 1967; Пфанцагль, 1976]. К сожалению, на это обстоятельство в большинстве случаев не обращается никакого внимания. Мы провели такие исследования и установили, что с достаточной для практических целей точностью можно считать шкалу сейсмической интенсивности внутренне равномерной и тем самым относить ее не к более низкому рангу шкал порядка, а к более высокому рангу шкал интервалов.

В проекте новой шкалы (1990) Специальной группой было решено:

образовать шкалу из системы модулей: основной (на базе модифицированной шкалы MSK), инженерный (для оценки интенсивности по объектам современного сейсмостойкого проектирования), исторический (для оценки интенсивности исторических землетрясений), сейсмогеологический;

ввести в состав шкалы пояснительную часть с фотографиями типичных эффектов землетрясений;

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

исключить для оценки интенсивности объекты специального назначения (большие мосты, плотины, АЭС, сверхвысокие здания), при оценке интенсивности отдать предпочтение использованию эффектов на обычных зданиях;

исключить проблемы соотношения интенсивности с параметрами сильных движений в ближней зоне, считая это прерогативой подкомиссии ЕСК по инженерной сейсмологии;

принять уточненную классификацию зданий;

принять новую редакцию текста для интенсивности 1-3 балла.

По поводу этих предложений можно заметить следующее:

1. Система модулей нелогична: с одной стороны, исторические землетрясения обособлены очень четко и введение в шкалу блока для оценки их интенсивности целесообразно; с другой стороны, в большинстве случаев при обследовании современных землетрясений приходится иметь дело с перемежающейся застройкой, где в одинаковых условиях встречаются и “обычные” (не рассчитанные специально на сейсмостойкость) здания, и сейсмостойкие постройки. Разнесение их по разным модулям сможет привести лишь к затруднениям в оценке балльности, тем более, что “инженерный” блок, основанный на предложениях Х. Тидеманна, построен по иной логике, чем основной, что в принципе недопустимо.

2. Введение в шкалу пояснений в виде альбома фотографий по существу возвращает ее к блаженным временам оценок по “типичным” повреждениям, когда шкала перестает быть шкалой. Предпочтительнее было бы создание отдельного, не интегрированного со шкалой методического пособия или руководства по практической оценке интенсивности.

3. Объекты специального назначения не могут быть исключены из шкалы, поскольку никем никогда в нее не включались.

4. Принцип предпочтительности обычных зданий, разумеется, очень важен.

5. Исключение параметров сильных движений нецелесообразно хотя бы по причинам, о которых говорилось ранее. Кроме того, совместное рассмотрение инструментальных и макросейсмических данных позволяет правильно оценить факторы, определяющие сейсмический эффект. Вместо исключения данных было бы целесообразнее включить в Группу представителей Подкомиссии по инженерной сейсмологии.

6. Наши данные, а также данные Н. Амбрезиса и многих других убедительно показывают необходимость разделения зданий группы А на две группы.

7. Уточнение формулировок для интенсивности 1-3 балла целесообразно.

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

8. Совершенно удивительно, что Группа проигнорировала предложение многих участников работы ввести нулевую степень повреждений. Без этого невозможно проводить статистический анализ.

9. Очень скудно описана реакция на сейсмическое воздействия объектов другой природы (люди, предметы, элементы рельефа).

ПРИЛОЖЕНИЕ 2. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ПОСТРОЕНИЯ МАКРОСЕЙСМИЧЕСКОЙ ШКАЛЫ, ОСНОВАННОЙ НА ОЦЕНКАХ УЯЗВИМОСТИ ЗДАНИЙ

Под руководством М.А. Клячко разработан альтернативный вариант макросейсмической шкалы в виде модернизированной шкалы EMS-98 на базе проекта IMSK (улучшенная MSK), выполненного в 1999 г. в рамках ФЦП «Сейсмобезопасность Бурятии». В новой разработке учтены результаты инженерного опроса осенью 2002 г. и НТС НТЦСС от 13 ноября 2004 г., а также отечественные и зарубежные достижения 2000-2010 гг. в оценке и уменьшении конструктивной уязвимости зданий при землетрясениях. Содержательная часть этого проекта шкалы в диапазоне интенсивности 10-12 баллов разработана А.Л. Стромом.

Макросейсмическая шкала

ГОСТ Р ... «Макросейсмическая шкала»

National standard “Macro seismic scale”

Предисловие

1. РАЗРАБОТАН рабочей группой, созданной ОАО «Геомаркетинг», в составе: Аптикаев Ф.Ф., ИФЗ РАН, Бержинский Ю.А, ИЗКСО РАН, Егорова Л.Л., ФГУП НТЦСС, Клячко М.А., ФГУП НТЦСС, Стром А.Л., ООО «ЦГИ», Шерман С.И., ИФЗ РАН, Шестоперов Г.С., МИИТ, с участием специалистов ТК 465.

2. ВНЕСЕН Управлением технического регулирования и стандартизации Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии.

3. УТВЕРЖДЕН и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от ... 2011 г. № ...

4. В настоящем стандарте реализована глава 3 Федерального закона от 27 декабря 2002 г. N 184-ФЗ "О техническом регулировании".

5. ВВЕДЕН взамен ГОСТ 6249-52 «Шкала для определения силы землетрясения в пределах от 6 до 9 баллов».

Введение

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

Настоящий стандарт является модифицированным стандартом, разработанным на основе Европейской Макросейсмической Шкалы 1998, с учетом шкалы MSK-64 и последующих ее модификаций, взамен ГОСТ 6249-52 «Шкала для определения силы землетрясения в пределах от 6 до 9 баллов».

Объектом стандартизации является сила землетрясения, измеряемая его интенсивностью.

Основными аспектами стандартизации являются интенсивность землетрясений, уязвимость и повреждаемость природной среды и строительного окружения.

1. Область применения

Шкалой надлежит пользоваться в следующих целях:

- а) для назначения интенсивности произошедших землетрясений;
- б) для районирования территорий по сейсмической опасности;
- в) для определения расчетной сейсмичности и назначения сейсмических нагрузок при проектировании строительных сооружений;
- г) для разработки сценариев вероятных последствий землетрясений, задаваемых интенсивностью, и соответствующих оценок сейсмического риска.

2. Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 1.1-2002. Межгосударственная система стандартизации. Термины и определения.

ГОСТ Р 1.0-2004. Стандартизация в Российской Федерации. Основные положения.

ГОСТ Р 1.5-2004. Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты национальные Российской Федерации. Правила построения, изложения, оформления и обозначения.

ГОСТ Р 1.8-2004. Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты межгосударственные. Правила проведения в Российской Федерации работ по разработке, применению, обновлению и прекращению применения.

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

ГОСТ Р 1.12-2004. Стандартизация в Российской Федерации. Термины и определения.

ГОСТ Р 1.13-2004. Стандартизация в Российской Федерации. Уведомления о проектах документов в области стандартизации. Общие требования.

Примечание. При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования - на официальном сайте национального органа Российской Федерации по стандартизации в сети Интернет или по ежегодно издаваемому информационному указателю "Национальные стандарты", который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим ежемесячно издаваемым информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться замененным (измененным) документом. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3. Определения

Безопасность продукции, процессов производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации (далее - безопасность) - состояние, при котором отсутствует недопустимый риск, связанный с причинением вреда жизни или здоровью граждан, имуществу физических или юридических лиц, государственному или муниципальному имуществу, окружающей среде, жизни или здоровью животных и растений;

Демографические факторы – это любая информация и ее изменения, касающаяся состава населения по возрастным, национальным, культурным, гендерным и другим характеристикам, включая плотность расселения и социальный статус.

Здание - результат строительной деятельности, имеющий подземную и (или) надземную часть, включающий помещения для проживания и (или) деятельности людей, размещения производств, хранения продукции или содержания животных.

Интенсивность I – характеристика силы сейсмических сотрясений земли на ее поверхности.

Различают макросейсмическую и инструментальную *I*.

Инструментальная I . I_{in} определяется в результате сравнительного анализа зарегистрированных приборами на свободной поверхности Земли характеристик сейсмического события (ускорений, скоростей, смещений, спектрального состава, длительности и других параметров колебаний) с учетом доступной аналитической базы

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

данных аналогичных записей и, прежде всего, зарегистрированных на рассматриваемой территории; при этом используется инструментальная шкала сейсмической интенсивности.

Макросейсмическая И. I_{ms} – это упорядоченная совокупность признаков, описывающих последствия землетрясений (сейсмических событий), характеризующих конкретное цифровое значение I_{ms} , ранжируемое от I до XII. *Макросейсмическая И.* создается на базе упорядоченной совокупности эффектов землетрясений, наблюдаемых на достаточно большой, но ограниченной территории.

Объекты базовые – это объекты-сенсоры, уязвимость которых при сейсмических воздействиях достаточно хорошо изучена и удовлетворительно классифицирована.

Объекты-сенсоры - человек и объекты его искусственного и природного окружения, чувствительные к землетрясениям, реакцию которых можно описать с помощью немногих конкретных признаков, пригодных для назначения интенсивности.

Сотрясения – это движения почвы, вызываемые землетрясением или проявлениями промышленной сейсмики, как приводящие к каким-либо эффектам в строительных сооружениях и природной среде, так и не приводящие к таковым, ощущаемые людьми в разной степени и в разных формах их проявления (покачивание, дрожание, дребезжание, вибрация, подкидывание, толчок, удар и т. п.). *С.* могут сопровождаться различными шумовыми эффектами (гул, скрежет, скрип и т. п.). Вне макросейсмических измерений очень малые *С.* выявляются инструментальными методами.

Уязвимостью V объекта-сенсора при каком-либо (внутреннем или внешнем) воздействии, начавшегося с момента t_0 , называется способность этого объекта получать необратимый ущерб, измеряемый потерей свойств (качеств) объекта по сравнению с его состоянием до момента t_0 .

Основная (principal) V уязвимость здания соответствует среднему классу уязвимости основного конструктивного типа этого здания.

Стандартной (проектной, расчетной) уязвимостью объекта (здания) называется уязвимость объекта, физическое и эксплуатационное состояние которого соответствует стандартам его производства (проектирование, строительство, эксплуатация) на конкретный момент.

У. населения оценивается по отношению к человеку как к объекту-сенсору, конструктивная *У.* оценивается по отношению к строительным сооружениям-сенсорам, а планировочная *У.* оценивается по отношению к достаточно большим, но ограниченным урбанизированным территориям.

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

Паспортизация урбанизированной (сельской, производственной) территории называется техническая процедура инвентаризации строительных сооружений на сейсмически активной территории с описанием их состояния и оценки сейсмостойкости и сейсмической уязвимости этих сооружений.

Сейсмостойкостью сооружения называется его способность противостоять заданным (интенсивностью, спектральным составом, продолжительностью, повторяемостью и т. д.) сейсмическим воздействиям с размером последствий (социальных потерь и экономических ущербов), не превышающих допустимых, заранее установленных сейсмическими нормами.

Сейсмостойкость здания (сооружения) определяется качественным выполнением в проекте и в натуре комплекса объемно-планировочных и конструктивных мероприятий и требований, а также физическим состоянием строительного объекта в момент, предшествующий сейсмическому воздействию.

Аналитическим уровнем сейсмостойкости сооружения (АУСС) называется его сейсмостойкость, определенная расчетом конкретной системы «сооружение-фундамент-грунт» с учетом экспериментальной диаграммы деформирования данного сооружения или аналогичного объекта-представителя. АУСС может обосновывать ПУСС или при учете фактического ФС сооружения может служить основой для ОСС.

Проектным уровнем сейсмостойкости сооружения (ПУСС) называется сейсмостойкость, заложенная в проектное решение. Учитывая развитие норм сейсмического строительства, ПУСС может быть по разному оценен в разное время.

Требуемым уровнем сейсмостойкости сооружения (ТУСС) называется его минимальная сейсмостойкость, при которой в случае расчетно-сейсмического воздействия сооружение сохраняет допустимое эксплуатационное состояние определенного уровня и продолжительности с заданной степенью надежности (обеспеченности).

Уровень сейсмостойкости измеряется в баллах в соответствии с 12-ти-балльной шкалой интенсивности (силы) землетрясения. При этом на практике используется значение баллов интенсивности от 6 до 9 включительно.

Сооружение - результат строительной деятельности, предназначенный для выполнения определенных функций.

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

Строительная конструкция - часть здания или сооружения, выполняющая определенные несущие, ограждающие и (или) эстетические функции.

Эффект землетрясения – это последствия землетрясения, проявляемые в каком-либо виде на объектах-сенсорах, и описываемые наблюдаемыми признаками (ощущения, повреждения, вторичные явления).

4. Общие положения

4.1. В шкале используются следующие специально упорядоченные/классифицированные аспекты стандартизации:

- а) объекты-сенсоры
- б) уязвимость объектов-сенсоров
- в) повреждаемость объектов-сенсоров
- г) количественные параметры
- д) вероятность проявления эффекта
- е) ранг надежности использования в шкале

Уязвимость и повреждаемость, в свою очередь, являются аспектами объектов-сенсоров, могут характеризовывать их и быть квалифицированы по отношению к ним. Таким образом, можно говорить, например, об уязвимости населения и о конструктивной уязвимости. В свою очередь, строительные сооружения-сенсоры дополнительно упорядочиваются путем классификации по степени их конструктивной уязвимости и повреждаемости при сейсмических воздействиях.

4.2. Классификация объектов-сенсоров

Объекты-сенсоры подразделяются на 3 группы, располагаемые в порядке уменьшения порога чувствительности этих объектов к землетрясению, а также на дополнительную группу, а именно:

- человек (α)
- предметы быта (β)
- строительные сооружения (γ)
- объекты природной среды, не вошедшие в первую группу (ϵ)

4.3. Классификация уязвимости

Сейсмическая уязвимость зданий и сооружений различного конструктивного типа и разного уровня их сейсмостойкости подразделяется на 6 основных классов, составленных в порядке уменьшения уязвимости, и обозначаемых соответственно А, В, С, D, E, F. Классы А и F, соответствующие максимальному и минимальному уровню

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

уязвимости, могут подразделяться на 2 подкласса, обозначаемых A_1 , A_2 , F_1 , F_2 . Примерные оценки уязвимости некоторых конструктивных типов зданий приведены в приложении № 1, а инженерных сооружений – в приложении № 4.

4.4. При анализе уязвимости зданий и сооружений, используемых в качестве объектов-сенсоров, и определении класса их конструктивной уязвимости необходимо учитывать правильность формы (в т. ч. пространственную симметрию), распределение масс и жесткостей, регулярность (см. п. 4.5), этажность, качество проектирования и строительства (см. п. 4.6), связность, эластичность, неспособность к прогрессирующему обрушению и другие характеристики физического состояния рассматриваемого здания (инженерного сооружения), а также эксплуатационное состояние объекта. Т. е. класс уязвимости является обобщенной характеристикой объекта-сенсора, назначаемой экспертами путем всестороннего анализа.

Сейсмическая уязвимость эксплуатируемых зданий в период, предшествующий повреждающим и разрушительным землетрясениям, определяется в процессе паспортизации застройки или на основании иных специализированных исследований.

При назначении интенсивности недавно произошедших землетрясений оценка класса уязвимости поврежденных и разрушенных зданий выполняется при обследовании этих зданий непосредственно после землетрясения.

4.5. Уровень регулярности.

Здания должны классифицироваться по их структурной регулярности. Используются уровни регулярности:

- r_1 : низкий;
- r_m : средний;
- r_h : высокий.

Уровень регулярности может быть определен на базе:

- общих параметров (размеров, геометрических соотношений);
- общих и локальных отклонений от правильной формы плана фундамента и вертикальной формы;
- параметров здания, определяющих динамические характеристики (жесткость и распределение масс); и
- качества преобразования и рассеивания энергии, обеспечиваемого сцеплением между грунтом, фундаментом и конструктивными элементами и путем избегания критических местных концентраций повреждений (пластических шарниров).

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

Регулярность надо рассматривать в общем смысле, т.е. регулярность – это больше, чем просто внешняя симметрия в плане и вертикальной плоскости. Регулярность включает характеристики здания, а также мероприятия в нем, обеспечивающие простое или, до некоторой степени, контролируемое поведение при сейсмическом воздействии.

Обычно недостижимый уровень r_h характеризуется:

- улучшенной податливостью конструктивной системы и
- активно управляемым механизмом пластификации как результат специальных антисейсмических мер.

4.6. Уровни качества.

Здания должны быть классифицированы в соответствии с их уровнем качества, учитывая качество проектирования, производства работ, качество материалов и намеченный (проектный) уровень сейсмостойкости (ПУСС). Используются уровни качества:

- Q_l : низкий;
- Q_m : средний;
- Q_h : высокий.

Уровень Q_l является основным уровнем в большей части России.

4.5. Классификация повреждаемости

Повреждаемость объектов-сенсоров и, прежде всего, строительных сооружений подразделяется на 6 степеней d (от 0 до 5) в порядке возрастания ущербообразования и уменьшения остаточного ресурса несущей способности, что характеризуется разными **предельными** состояниями объекта по эксплуатационной пригодности. Классификация повреждений зданий, в зависимости от наблюдаемых эффектов, указана в Таблице 1. Примеры, иллюстрирующие по результатам инженерного анализа прошедших землетрясений повреждаемость различных конструктивных типов зданий-сенсоров 1-го ранга надежности, представлены в приложении № 2.

Таблица 1 –Степени повреждаемости зданий

Степень повреждений d	Классификация повреждений	
	Несущие (конструктивные) элементы	Ненесущие (второстепенные) элементы
0	Повреждения отсутствуют	Повреждения отсутствуют

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

1	Повреждения отсутствуют	Легкие пренебрежимые повреждения
2	Легкие повреждения, снижающие несущую способность строительного сооружения	Умеренные повреждения
3	Умеренные повреждения, заметно уменьшающие несущую способность строительного сооружения	Тяжелые повреждения; возникает вероятность причинения ущерба жизни и/или здоровью людей
4	Тяжелые повреждения, состояние строительного сооружения близко к крайне предельному; несущая способность исчерпана; небольшие, частичные обрушения; Высокая вероятность ранений и гибели людей	Очень тяжелые повреждения, Отказ, выход из строя
5	Обрушение зданий	Обрушение зданий

Качественное и количественное описание повреждений, соответствующих разной степени и характерных для какого-либо конструктивного типа строительного сооружения, вырабатывается на основе анализа сейсмических эффектов на соответствующих объектах-сенсорах при их достаточно большом числе для обеспечения достоверности и надежности.

4.6 Классификация конструктивных повреждений зданий-сенсоров 1-го ранга - см. приложение № 3, **а некоторых инженерных сооружений – см. приложение № 5.**

4.7. Классификация объектов природной среды

Объекты природной среды подразделяются на нижеследующие 8 типов:

Тип ε-1 – изменения в режиме подземных вод (появление или исчезновение источников, изменение уровня или температуры подземных вод)

Тип ε-2 – деформации в водонасыщенных грунтах

Тип ε-3 – смещения на склонах, сложенных рыхлыми (сильно выветрелыми) грунтами

Тип ε-4 – смещения на склонах, сложенных скальными и полускальными грунтами

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

Тип ε-5 – подвижки по тектоническим разрывам

Тип ε-6 – площадные поднятия и опускания, видимые поверхностные волны

Тип ε-7 – явления на внутренних водоемах (торошение льда, сейши)

Тип ε-8 – цунами

4.8. Количественная классификация

В качестве количественных категорий или соотношений в части от общего числа наблюдаемых объектов и эффектов используются нижеследующие количественные прилагательные, разделяемые на 2 группы соответственно рангам:

- Большинство - что соответствует, как правило, диапазону 50-100% (медиальное значение 75%);
- Многие - что соответствует, как правило, диапазону 15-65% (медиальное значение 50%);
- Некоторые – что соответствует, как правило, диапазону 0-35% (медиальное значение 10%);
- *Несколько, или отдельные – что соответствует, как правило, диапазону 0-7% (медиальное значение 3%).*

При описании наблюдаемых эффектов можно использовать характеристики вероятности их проявления, т. е. следующие категории:

- Высоковероятные - что соответствует, как правило, диапазону 50-100%
- Вероятные - что соответствует, как правило, диапазону 15-65%
- Маловероятные - что соответствует, как правило, диапазону 0-35%
- *Редкие - что соответствует, как правило, диапазону 0-7%*

Одновременное использование количественных и вероятностных категорий не допускается.

4.9. По рангу надежности использования в шкале объекты-сенсоры и другие аспекты подразделяются на три указанные ниже степени:

Первый ранг – апробированные/надежные (хорошо изученные здания массового строительства и другие стандартные аспекты, в том числе используемые в предыдущих поколениях макросейсмической шкалы).

Второй ранг – подопытные/относительно надежные (принятые как объекты-сенсоры и претендующие стать стандартными, выделяются *курсивом*).

Третий ранг – сомнительные (не утвержденные пока как объекты-сенсоры, проверяемые, но недостаточно проверенные, выделяются подчеркиванием).

4.10. Эффекты/признаки, наблюдаемые при землетрясениях различной силы, у людей относятся ко второй степени надежности, как и сами наблюдатели – люди, как-то ощущающие и реагирующие на сейсмические события той или иной интенсивности.

5. Построение шкалы интенсивности

5.1. Ранжирование интенсивности.

Интенсивность (I_{ms}) подразделяется на XII степеней, от I до XII, причем каждой степени интенсивности присваивается количественная и качественная характеристики, соответствующие в верхней части шкалы (от I до V) ощутимости/заметности землетрясения, а в нижней части шкалы (от VI до XII) - степени разрушительности последствий, а именно:

- I – Неощутимое (not felt)
- II – Едва ощутимое (scarcely felt)
- III – Слабое (weak)
- IV – Общезаметное (largely observed)
- V – Сильное (strong)
- VI – Легко повреждающее (slightly damaging)
- VII – Повреждающее (damaging)
- VIII – Значительно повреждающее (heavily damaging)
- IX – Разрушительное (destructive)
- X – Очень разрушительное (very destructive)
- XI – Опустошительное (devastating)
- XII - Уничтожающее (completely devastating)

Количественное значение интенсивности рекомендуется изображать римскими цифрами.

5.2. Шкала интенсивности организована в соответствии с таблицей 2, в зависимости от наблюдаемых эффектов землетрясений, дифференцированных по объектам-сенсорам.

Интенсивность землетрясений I измеряется в баллах. Сила землетрясения ранжируется с помощью шкалы сейсмической интенсивности от I до XII баллов включительно в соответствии с таблицей 2. При этом часть шкалы, соответствующая интенсивности I - IV, называется «сейсмологической», часть шкалы с интенсивностью V - X называется «инженерной», а часть шкалы с интенсивностью XI и XII называется «геологической».

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

Таблица 2. Определение интенсивности

Интенсивность, <i>I</i>		Типичные сейсмические эффекты, наблюдаемые на объектах-сенсорах
Качественная характеристика	Количественная характеристика	
Неощутимое (not felt)	I	α) Не ощущается никем, даже при крайне благоприятных обстоятельствах, однако регистрируется приборами. β) Нет эффекта. γ₁) Нет повреждений.
Едва ощутимое (scarcely felt)	II	α) Сотрясения ощущаются некоторыми/отдельными людьми, находящимися в покое или на верхних этажах некоторых зданий. β) Нет эффекта. γ₁) Нет повреждений.
Слабое (weak)	III	α) Большинство людей, занятых какой-либо деятельностью внутри зданий, ощущают землетрясение, а некоторые люди, находящиеся в покое - покачивание и/или легкое дрожание. Никто из людей, находящихся на улице, не замечает землетрясение. β) Висящие объекты покачиваются. γ₁) Нет повреждений.
Общезаметное (largely observed)	IV	α) Многие люди, находящиеся в зданиях, и некоторые, находящиеся на улице, ощущают землетрясение как легкое дрожание или покачивание. Некоторые люди, находящиеся в зданиях, разбужены. Уровень сотрясений не пугает. β) Фарфор, стаканы, окна и двери дребезжат. Висящие объекты раскачиваются. Легкая мебель заметно дрожит в некоторых случаях. Деревянные предметы скрипят в некоторых случаях. γ₁) Нет повреждений.
Сильное (strong)	V	α) Землетрясение в помещении чувствуют большинство людей, на улице – некоторые. <i>Отдельные</i> люди пугаются и выбегают на улицу.

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

		Многие спящие просыпаются. β) Висящие предметы заметно качаются. Фарфор и стекло звенят, ударяясь друг о друга. Мелкие, с высоким центром тяжести и/или плохо закрепленные предметы могут сдвинуться или упасть. Двери и окна открываются или закрываются. В <i>отдельных</i> случаях разбиваются оконные стекла. Жидкости вибрируют (волнуются) и могут пролиться из полных сосудов. Животные в помещении могут стать беспокойными. γ₁) У некоторых зданий класса уязвимости А и В повреждения степени 1. ε₁) Иногда меняется дебит источников. ε₂) На водонасыщенных грунтах по берегам водоемов возможно образование видимых трещин шириной до 5 сантиметров. ε₃) В горных районах отдельные небольшие камнепады.
Легко повреждающее (slightly damaging)	VI	α) Ощущается большинством людей внутри зданий и многими снаружи. Некоторые люди теряют равновесие. Многие напуганы и выбегают на улицу. β) Мелкие предметы с обычной устойчивостью могут упасть, а мебель сдвинуться. В некоторых случаях могут разбиться посуда и стекло. γ₁) Повреждения степени 1 у многих зданий класса уязвимости А и В, у некоторых класса уязвимости А и В – степени 2, у <i>отдельных</i> зданий класса уязвимости С повреждения степени 1. ε₁) Возможны изменения дебита источников и колебания воды в колодцах. ε₂) На водонасыщенных грунтах иногда встречаются видимые трещины шириной до первых десятков сантиметров, незначительные оползни на берегах рек и каналов. ε₃) В горных районах иногда происходят оползни

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

		малых и средних объемов (до нескольких тысяч кубометров). ε₄) В горных районах камнепады и обвалы малых и средних объемов (до нескольких сотен кубометров).
Повреждающее (damaging)	VII	α) Большинство людей напуганы и у них возникает острое желание выбежать из здания. Многим трудно стоять, особенно на верхних этажах. β) Мебель двигается, а мебель с высоким центром тяжести может запрокинуться. Предметы падают с полок в большом количестве. Вода выплескивается из сосудов, цистерн и бассейнов. γ₁) Многие здания класса уязвимости А имеют повреждения степени 3, некоторые – степени 4. Многие здания класса уязвимости В имеют повреждения степени 2, некоторые – степени 3. Некоторые здания класса С имеют повреждения степени 2. Некоторые здания класса уязвимости D имеют повреждения степени 1. γ₂) В отдельных случаях – уполаживание откосов автомобильных и ж/д дорог, возведенных на высоких насыпях, а также трещины в дорожном полотне; нарушения стыков трубопроводов; трещины в некоторых каменных оградах и неармированных опорных конструкциях. Трещины в массивных неармированных конструкциях опор, трещины и сколы защитного слоя бетона в рамных опорах. Повреждения шкафных стенок устоев, разновысоких подферменников, торцов балок, блоков ограждения проезжей части над деформационными швами. Разрывы в ослабленных трещинами неармированных конструкциях опор. Небольшие смещения * устоев к середине моста. ε₁) В некоторых случаях исчезают или появляются

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

		новые источники и колебания воды в колодцах. ε₂) Трещины в водонасыщенных грунтах шириной до метра; в отдельных случаях оползни на крутых берегах водоемов. ε₃) Возможны оползни объемом до ста тысяч кубометров. ε₄) В горных районах камнепады, обвалы до первых тысяч кубометров. ε₅) В эпицентральных зонах возможны подвижки по тектоническим разрывам на протяжении нескольких километров и с амплитудами смещений до нескольких десятков сантиметров. ε₆) На выровненных хорошо просматриваемых участках во время землетрясения в редких случаях наблюдаются земляные волны. ε₇) На замерших водоемах растрескивание, иногда торошение льда; на поверхности водоемов волны, вода мутнеет от ила.
Значительно повреждающее (heavily damaging)	VIII	α) Многим людям трудно стоять, даже на улице β) Мебель может опрокинуться. Отдельно стоящая аппаратура (телевизор, компьютер и т. п.) падают на пол. Могильные камни могут быть сдвинуты, повернуты или перевернуты. γ₁) Многие здания класса уязвимости С имеют повреждения степени 2, а некоторые – повреждения 3 степени. Многие здания класса В имеют повреждения степени 3. Многие здания класса А и некоторые класса В имеют повреждения степени 4; некоторые здания класса А имеют повреждения степени 5. Некоторые здания класса Д имеют повреждения степени 2, а отдельные – повреждения степени 3. γ₂) Каменные ограды разрушаются. Наклоны опор. Поворот в плане неразрезных пролетных строений. Значительные смещения

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

		устоев к середине моста. ε₁) Во многих случаях изменение дебита источников и уровня воды в колодцах, исчезают или появляются источники. ε₂) В водонасыщенных грунтах трещины шириной до метра; возможен выброс водонасыщенных песков. ε₃) В равнинных районах оползни на крутых склонах, осыпи и оползни лессов и лессовидных суглинков на пологих склонах; в горных районах значительное число оползней объемом до первых миллионов кубометров. ε₄) В горных районах значительное число обвалов, возможно формирование оползней скальных грунтов объемом до первых миллионов кубометров. ε₅) В эпицентральных зонах возможны подвижки по тектоническим разрывам на протяжении первых десятков километров и с амплитудами смещений до метра. ε₆) Возможны поднятия/опускания поверхности на площади в несколько квадратных километров с величиной смещения до 1 м, обычно примыкающих к выходу на поверхность очаговых разрывов; на низменных участках во время землетрясения могут наблюдаться земляные волны. ε₇) На замерзших водоемах сильное растрескивание и торошение льда. ε₈) В прибрежных зонах возможны цунами с высотой заплеска до 1 метра.
Разрушительное (destructive)	IX	α) Большинство людей в панике. Некоторых людей может бросить на землю. β) Многие памятники, колонны и обелиски поворачиваются или падают. γ₁) Многие здания класса уязвимости С имеют повреждения степени 3. Многие здания класса В и

		некоторые класса С имеют повреждения степени 4. Многие здания класса А и некоторые класса В имеют повреждения степени 5. Многие здания класса Д имеют повреждения степени 2; некоторые – степени 3, а отдельные – степени 4. Некоторые здания класса Е имеют повреждения степени 2. Многие здания класса уязвимости F_1 имеют повреждения степени 1, а отдельные класса F_2 – степени 2. γ₂) Разрывы в железобетонных опорах мостов. В отдельных случаях подбрасывание разрезных железобетонных пролетных строений с разрушением опорных участков главных балок и их переламыванием в пролете. Смещение с опорных площадок и обрушение консолей пролетных строений мостов рамно-консольной системы. На мягком грунте видны волны. ε₂) На водонасыщенных грунтах возможно массовое развитие трещин, образование грязевых и песчаных вулканчиков (грифонов) и просадок грунтов. ε₃₋₄) В равнинных районах значительные оползневые деформации на берегах естественных и искусственных водоемов; в горных районах значительное число оползней и обвалов покровных и скальных грунтов. Отдельные оползни могут достигать десятков и сотен миллионов кубометров в объеме, возможно до первых кубических километров. ε₅) В эпицентральных зонах часто происходят подвижки по тектоническим разрывам на протяжении десятков (до ста) километров и амплитудой до нескольких метров. Иногда отмечается подбрасывание камней и валунов. ε₆) Возможны поднятия и опускания до нескольких метров в зонах шириной до первых километров,
--	--	---

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

		обычно примыкающих к выходу на поверхность очаговых разрывов; во время землетрясения на ровных участках наблюдаются хорошо выраженные земляные волны. ε₇) Массовое растрескивание и торошение льда на замерзших водоемах. ε₈) В прибрежных зонах возможно цунами с высотой заплеска до 3-5 м.
Очень разрушительное (very destructive)	X	γ₁) Большинство зданий класса А, многие здания класса уязвимости С имеют повреждения степени 4. Многие здания класса В и некоторые класса С имеют повреждения степени 5. Многие здания класса D имеют повреждения степени 3; некоторые – степени 4. Многие здания класса Е имеют повреждения степени 2; некоторые – степени 3. Некоторые здания класса F₁ имеют повреждения степени 2, а отдельные класса F₂ – степени 3. γ₂) Сдвиг и обрушение надфундаментных частей каменных и бетонных опор. Сдвиг по оголовкам опор и падение балочных разрезных пролетных строений. Опрокидывание отдельных секций многопролетных виадуков и эстакад. Потеря устойчивости отдельных элементов стальных ферм. ε₂) В равнинных районах многочисленные грязевые извержения, фонтанирование грунтовых вод, значительные просадки водонасыщенных грунтов, приводящие к наводнениям. ε₃₋₄) В равнинных районах многочисленные, иногда крупные оползни; в горных районах многочисленные обвалы и оползни покровных и скальных грунтов, земляные лавины, грязевые потоки. Отдельные скальные оползни могут достигать объема до нескольких кубических километров. ε₅) В эпицентральных зонах часто происходят

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

		подвижки по тектоническим разрывам на протяжении до ста километров и амплитудой до десяти метров. Подбрасывание камней и валунов. ε₆) Площадь на которой наблюдаются заметные нарушения на поверхности Земли составляет 100 - 1000 км². ε₈) В прибрежных зонах возможно цунами с высотой заплеска до 10 м.
Опустошительное (devastating)	XI	γ₁) Большинство зданий класса уязвимости С имеют повреждения степени 4. Большинство зданий класса В и многие класса С имеют повреждения степени 5. Многие здания класса D имеют повреждения степени 4; некоторые – степени 5. Многие здания класса Е имеют повреждения степени 3; некоторые – степени 4. Большинство зданий класса F₁ имеют повреждения степени 2. Некоторые здания класса F₂ имеют повреждения степени 3. ε_{2,3,4}) Большие деформации покровных и скальных грунтов, многочисленные крупные обвалы и оползни, большие наводнения. ε₅) В эпицентральных зонах часто происходят подвижки по тектоническим разрывам на протяжении до нескольких сотен километров и с амплитудой подвижек до 10-15 м. ε₆) Площадь видимых изменений рельефа и нарушений на поверхности Земли составляет 10³ - 10⁴ км². Возможны площадные поднятия и опускания, особенно в зонах субдукции. ε₈) В прибрежных зонах возможны цунами с высотой заплеска до нескольких десятков метров. Оценка балльности требует специального исследования.
Уничтожающее (completely devastating)	XII	γ₁) Практически все здания над и под землей уничтожены. ε) Природные явления аналогичны тем, как и при 11

		баллах, но проявляются на большей площади, до нескольких десятков тысяч км ² . Оценка балльности требует специального исследования.
--	--	---

* - под небольшими горизонтальными и вертикальными отклонениями конструкций от проектного положения понимаются перемещения в пределах 10 см.

6. Назначения сейсмической интенсивности

6.1. Для задания интенсивности какого-либо землетрясения (сейсмического события) используется пригодная к ранжированию совокупность категорированных эффектов, возникающих у объектов-сенсоров вследствие этого землетрясения (сейсмического события). Интенсивность назначается на достаточно большой, но ограниченной территории.

6.2. Назначение макросейсмической интенсивности осуществляется экспертами по результатам анализа наблюдаемых сейсмических эффектов, подбором количественных и качественных значений в соответствие с определением интенсивности, приведенном в таблице 2.

6.3. Значение макросейсмической интенсивности представляется целыми числами или в виде диапазона интенсивности. Эти значения желательно сопровождать оценкой инструментальной интенсивности этого сейсмического события, что реализуется с помощью инструментальной шкалы.

6.4. При назначении интенсивности в инженерных целях следует, прежде всего, использовать объекты-сенсоры строительного окружения (п. γ), что является необходимым, а в нескольких случаях и достаточным.

6.5. Интенсивность землетрясения, согласно описанию повреждения, следует оценивать/назначать для зданий, расположенных на однотипных грунтах, поскольку грунтовые условия влияют на интенсивность сейсмического воздействия. При этом наблюдаемые эффекты (в т. ч. повреждаемость) наилучшим образом отражают зависимость балла интенсивности от конструктивного решения и уязвимости зданий и сооружений.

6.6. Демографические факторы и гидрогеологические особенности грунтовых оснований зданий-сенсоров при оценке степени их повреждений и при назначении сейсмической интенсивности не должны учитываться. Аномальные значения получаемой

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

интенсивности не следует отвергать и менять значения, присвоенные интенсивности. Эти случаи должны быть в обязательном порядке подвергнуты специальному исследованию.

6.7. При назначении интенсивности на достаточно больших территориях, застроенных однотипными (по конструкции, архитектурно-планировочному решению и строительным материалам) зданиями одинакового класса уязвимости, влияние инженерно-геологических условий на интенсивность может быть исследовано наилучшим образом.

6.8. В целях проектирования, прогнозирования бедствий и анализа сейсмического риска (п. 1 в, г) используется инженерная часть шкалы.

6.9. Выявление и описание сейсмических эффектов объектов-сенсоров на произошедшее землетрясение, их упорядочение и классификация для назначения интенсивности, выполняется, как правило, на основании инженерного обследования последствий землетрясения, осуществляемого сертифицированными специалистами по единой методике, утверждаемой в установленном порядке.

6.10. Основными источниками для назначения сейсмической интенсивности в инженерной части шкалы являются макросейсмические данные о повреждениях в зданиях и сооружениях, а также сейсмические эффекты на других объектах-сенсорах, перечисленные в п. 4.2. Макросейсмические оценки интенсивности рекомендуется сравнивать с оценками интенсивности этих событий, полученными инструментальным путем. При этом, в случае отличия этих оценок более чем на 1 балл, необходимо провести исследование причин такого расхождения.

6.11. Назначение интенсивности землетрясений по повреждениям строительных сооружений производится на основании следующих показателей:

6.11.1. Класа конструктивной уязвимости объектов-сенсоров из строительного окружения (п. 4.3);

6.11.2. Степени повреждений строительных сооружений (объектов-сенсоров) (п. 4.5);

6.11.3. Количественных характеристик, принятых в шкале (п. 4.8).

6.12. При назначении интенсивности XI и XII баллов (в геологической части шкалы) описания природных явлений являются определяющими.

6.13. Процедуры сбора, обработки и использования данных, привлекаемых для назначения интенсивности (в т. ч. оценки надежности этих данных, использование малопараметрических отрицательных и неопределенных, неоднозначных и

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

противоречивых признаков, условности и кодировки) способы получения наиболее достоверного результата, должны быть максимально формализованы и подробно описаны в специальном нормативно-методическом документе.

6.14. Если в доступных данных имеются противоречивые (т. е. соответствующие разной интенсивности) аспекты/признаки, эксперту для назначения наиболее подходящего балла интенсивности следует выявлять в исходных данных общность, не надеясь на отдельную диагностику, избегать исключительных/крайних наблюдений, что может привести к завышению интенсивности в рассматриваемом месте.

В частности, не следует оценивать интенсивность сотрясений 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 и их использование приведет к завышению интенсивности.

6.15. Назначение интенсивности только что произошедших повреждающих и разрушительных землетрясений следует выполнять, прежде всего, по результатам инженерного обследования его последствий, проводимого сразу после рассматриваемого сейсмического события.

6.16. Термин интенсивности, используемый в настоящем стандарте, относится к единичному сейсмическому событию. Пользоваться настоящим стандартом для оценки/назначения (суммарной) интенсивности при совокупном эффекте нескольких афтершоков, роя землетрясений, как правило, не допускается. Эффекты от форшоков объединяются с эффектом от главного толчка в том случае, если они сами по себе незначительны и произошли непосредственно перед главным землетрясением, т. е. оценка интенсивности этих форшоков нецелесообразна или невозможна.

6.17. В целях районирования территории по сейсмической опасности и для оценок сейсмического риска при назначении интенсивности во всех случаях следует, по возможности, использовать исторические записи и археологические данные и любые другие источники информации с одновременной оценкой их достоверности и надежности.

6.18. Назначение интенсивности давно происшедших (исторических) землетрясений, имеющих обычно весьма ограниченную базу исходных данных, производится, как правило, документальным методом и может осуществляться с отклонениями от установленных настоящим разделом правил.

7. Оценка соответствия

7.1. Надежность процедуры и результата назначения макросейсмической интенсивности I проверяется двумя указанными ниже способами:

- а) самооценкой, осуществляемой в рамках настоящего стандарта, т. е. указанием коэффициента надежности, рассчитываемого в соответствии с п. 7.2.
- б) выходящей за рамки настоящего стандарта сверкой макросейсмической интенсивности I_{ms} со значением соответствующей инструментальной интенсивности I_{in} .

7.2. Определение коэффициента надежности K_R значения (балла) интенсивности I производится по нижеследующей формуле:

$$K_R = \frac{n \cdot k_1 + m \cdot k_2 + l \cdot k_3}{0,8 \cdot N}$$

где N - общее количество использованных при назначении интенсивности эффектов/признаков,

n - количество эффектов/признаков 1-го ранга,

m - количество эффектов/признаков 2-го ранга,

l - количество эффектов/признаков 3-го ранга,

$k_1=0,8$, $k_2=0,5$, $k_3=0,2$ – парциальные коэффициенты веса/значимости эффектов, использованных для назначения I .

7.3. Инструментальная интенсивность получается по правилам и процедуре, указанным в инструментальной сейсмической шкале. При этом допускается использовать для сверки (оценки соответствия) значения инструментальной интенсивности с точностью до 0,5 балла.

7.4. Расхождение δ в оценках интенсивности землетрясений, полученных с помощью макросейсмической I_{ms} и инструментальной I_{in} шкал, является характеристикой степени соответствия. При этом соответствие называется:

- хорошее, если $\delta \leq 0,5$
- удовлетворительное, если $0,5 < \delta \leq 1$
- неудовлетворительное, или несоответствие, если $\delta > 1$

- 7.5. При низкой надежности назначенной оценки макросейсмической интенсивности ($K_R < 0,5$) и/или при несоответствии оценок I_{ms} и I_{in} эти оценки не рекомендуются для практического использования и необходимо выполнить специальные исследования причин такой несогласованности.

8. Развитие макросейсмической шкалы

8.1. Настоящий стандарт предусматривает перспективное развитие макросейсмической шкалы по мере накопления и анализа материалов инженерного обследования последствий землетрясений следующими способами:

- Уточнение наблюдаемых сейсмических эффектов на объектах-сенсорах и, как результат, подтверждение или изменение (чаще повышение) ранга надежности стандартных объектов-сенсоров и других аспектов стандартизации (подпорные стенки мостов, откосы автомобильных и железных дорог, арочные каменные мосты и др.);
- Увеличение числа объектов-сенсоров за счет включения в число стандартных объектов таких инженерных сооружений-сенсоров, как: промышленных труб, откосов автомобильных и железных дорог, арочных каменных мостов линий электропередач, трубопроводов и других протяженных сооружений;
- Расширение и уточнение количественных и вероятностных признаков при описании наблюдаемых эффектов, в том числе повышение ранга «отдельные объекты» и «редкие эффекты».

8.2 Проблема использования людей в качестве наблюдателей, улучшения диагностики и классификации состояния людей как объектов-сенсоров и стандартизации их реакции на землетрясения различной силы является предметом специальных дополнительного исследования и обсуждения.

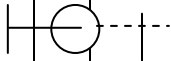
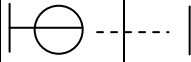
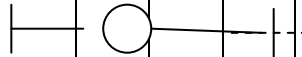
Приложение 1

Приложение № 1

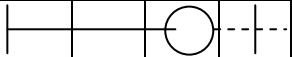
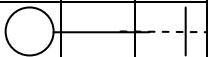
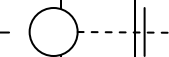
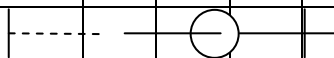
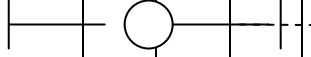
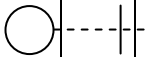
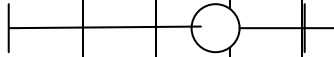
**Примерные оценки уязвимости некоторых конструктивных типов
зданий**

	Конструктивный тип здания	Этажность*	Вероятный класс уязвимости							
			1	2					1	2
	Здания с несущими стенами из:									
	Бутового камня, глины, самана; камней неправильной формы из ракушечника, известняка, песчаника и др. при укладке без перевязки	1								
	Пилёного камня прямоугольной формы; большепустотных шлакобетонных или силикатных камней при рядовой и многорядной неармированной кладке	1								

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

	Пустотелого кирпича и мелких бетонных камней A0	2-3							
	Полнотелого кирпича и сплошных бетонных и природных камней, в т. ч. из массивных камней A0	3-4							
	Того же, но с армированием швов и/или усилением вертикальными ж/б сердечниками с шагом менее высоты этажа A1- A3	3-4							
	Того же, при регулярной комплексной армобетонной системе усиления кладки A4, A5	4							
	Крупных бетонных или виброкирпичных блоков; многослойные	5							

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

	<i>стены с внутренним слоем из монолитного железобетона и наружными слоями из штучной кладки</i>									
	<i>Из объемных бетонных блоков</i>	5								
	Монолитног о железобетона	до 24								
0	Деревянных каркасных (- обшивных, - засыпных) конструкций	1-2								
1	Деревянного бруса/бревен	1-2								
2	Бескаркасн ые крупнопанельные здания	до 9								
3	Ж/б каркасные здания рамного типа	до 5								
4	Ж/б каркасные здания со связевым, диафрагменным каркасами, а также	до 9								

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

	комбинированные (с ядрами жесткости и т. п.), включая высотные здания**									
5	Стальные каркасные здания широкого диапазона решения (от гибких зданий с кирпичными потолками до современных высотных зданий**)	-								
6	<u>Большепролетные, пространственные конструкции, воздухоопорные сооружения и т. п.</u>	1								
7	<u>Здания со специальными системами сейсмоизоляции и гашения колебаний, с помощью которых регулируется реакция зданий</u>	-								

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

* - в случае превышения указанной в таблице этажности уязвимость соответствующего типа здания рекомендуется повышать на 1 класс.

** - Здания-сенсоры, рассматриваемые в шкале, не должны быть выше 40 м , причем соотношение их высоты к минимальному поперечному размеру не должно превышать 6.

Приложение 2

Класс уязвимости						Землетрясение/место Эль Эснам Алжир, 1980	Степень повреждения -d				
A	B	C	D	E	F		1	2	3	4	5
		●									●
Тип постройки						Железобетонный каркас с кирпичным заполнением (ASD ₇)					



Комментарий:

Ясная ситуация по отношению к степени повреждения.

Здание было спроектировано с учетом сейсмических нагрузок) нижнего уровня (ASD₇), но в проекте есть серьёзные

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

Класс уязвимости						Землетрясение/место Эль Эснам Алжир,1980	Степень повреждения -d									
A	B	C	D	E	F		1	2	3	4	5					
		●	○						●							
Тип постройки						Железобетонный каркас с кирпичным заполнением (ASD)										



Комментарий:

Степень повреждения 3: наружная облицовка кирпичной стены не имела армирования и отвалилась. Степень 3 показывает низкое сцепление в кладке и тяжёлые повреждения только ненесущих (неконструктивных) элементов; заметных трещин в штукатурке на других стенах нет. Здание построено по нижнему уровню ASD. Оно имеет не правильную форму в плане. Подходящей представляется уязвимость класса C.

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

Класс уязвимости						Землетрясение/место Сан Анжело Ден Ломбарди Италия,1980			Степень повреждения -d				
A	B	C	D	E	F				1	2	3	4	5
			●	○					●				
Тип постройки						Железобетонный каркас со средним уровнем (ASD)							



Комментарий:

Постройка с хорошими строительными свойствами: прочные колонны и кирпич с высокой прочностью приводит к менее уязвимому типу здания.

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

Класс уязвимости						Землетрясение/место Артегна (Фриули) Италия, 1976	Степень повреждения -d				
A	B	C	D	E	F		1	2	3	4	5
	○	●								●	
Тип постройки						Железобетонный каркас с кирпичным заполнением					



Комментарий:

Здание рассчитано на средний уровень сейсмостойкости (ASD_8), но со многими дефектами (слабое перекрытие первого этажа, тяжелая крыша), приводящими к очень уязвимой конструкции. Класс уязвимости должен быть В или С в зависимости от качества производства работ.

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

Класс уязвимости						Землетрясение/место Кампанья-Базиликата Италия, 1980	Степень повреждения -d				
A	B	C	D	E	F		1	2	3	4	5
		○	●							●	○
Тип постройки						Железобетонный каркас со средним уровнем (ASD)					



Комментарий:

Незаконченная больница со средним уровнем ASD(ускорение основания принято 0,07g в соответствии со строительными нормами); Г - образная (неправильная) в плане форма предлагает более низкий класс уязвимости.

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

Класс уязвимости						Землетрясение/место Мехико,1985	Степень повреждения -d				
Класс уязвимости							1	2	3	4	5
A	B	C	D	E	F						
		○	●						○	●	
Тип постройки						Железобетонный каркас со средним уровнем ASD					



Комментарий:

Ж/б здание соответствует среднему уровню ASD, но класс уязвимости не выше D: здание неправильной формы по отношению к распределению жёсткости (различия на каждом этаже из-за значительных оконных лент).

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

Класс уязвимости						Землетрясение/место Ленинакан, Армения, 1988	Степень повреждения -d				
A	B	C	D	E	F		1	2	3	4	5
	•										•
Тип постройки						Железобетонный каркас с минимальным уровнем ASD					



Комментарий:

Железобетонный каркас спроектирован с учетом сейсмических нагрузок и соответствующих среднему уровню ASD; но следует принимать класс уязвимости В: недостаточная пространственная связь между балками и колоннами; серьёзные дефекты в строительстве; как при производстве работ, так и по качеству и прочности материалов; недооценка (снижение) сейсмической опасности и значений сейсмических нагрузок.

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

Класс уязвимости						Землетрясение/место Ленинакан, Армения, 1988	Степень повреждения -d				
A	B	C	D	E	F		1	2	3	4	5
			●	○					○	●	
Тип постройки						Железобетонный каркас с минимальным уровнем ASD					



Комментарий:

Ж/б каркасная конструкция соответствует среднему уровню ASD, но система имеет не регулярность в отношении непрерывности линии горизонтальных балок. Неконструктивные повреждения (ненесущих элементов) предлагают степень повреждения от 3 и 4, склоняясь к 3; детальное внутреннее обследование может увеличить степень повреждения до 4.

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

Класс уязвимости						Землетрясение/место		Степень повреждения -d				
A	B	C	D	E	F	Сан Анжело Ден Ломбарди		1	2	3	4	5
			●	○		Италия, 1980				○	●	
Тип постройки						Железобетонный каркас с кирпичным заполнением						



Комментарий:

Здание с умеренным уровнем антисейсмического проектирования. План наземного этажа не слишком регулярен. Кирпичные простенки не отделены от несущего железобетонного каркаса, что привело к очень тяжёлым неконструктивным повреждениям несущих элементов.

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

Класс уязвимости						Землетрясение/место Эль Эснам Алжир, 1980	Степень повреждения -d				
A	B	C	D	E	F		1	2	3	4	5
				●			●				
Тип постройки						Железобетонные здания со средним уровнем (ASD)					



Комментарий:

Железобетонные стены со средним уровнем ASD. Здания в процессе строительства. Есть только одно небольшое повреждение степени 1 (разрушенные здания на переднем плане другого типа).

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

Класс уязвимости						Землетрясение/место Кайраккум, Таджикистан, 1985	Степень повреждения -d				
A	B	C	D	E	F		1	2	3	4	5
			●	○				●			
Тип постройки						Крупнопанельное здание					



Комментарий:

Крупнопанельное здание со средним уровнем ASD. Детальный снимок показывает горизонтальные трещины в месте соединения панелей.

Во время последовательных различных землетрясений в бывшем СССР этот тип зданий пострадал весьма мало и заслуживает назначения класса уязвимости D.



Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

Класс уязвимости						Землетрясение/место		Степень повреждения -d				
A	B	C	D	E	F	Китай, город Мианжу,		1	2	3	4	5
	○	●				2008			●	○		
Тип постройки						Каркасное здание с заполнением из кладки						



Комментарий:

Здание с железобетонным каркасом, который заполнен кладкой очень низкого качества. Обычно уже при 7 балльной интенсивности в такой кладке появляются трещины, а при 8 баллах кладка разрушается. В данном случае при интенсивности землетрясения 9 баллов заполнение наружных стен получило повреждения до 3 степени, а внутренних до 4 степени. Каркас школьного здания устоял ($d=1-2$).

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

Класс уязвимости						Землетрясение/место Китай, Dujiangyan, 2008	Степень повреждения -d				
A	B	C	D	E	F		1	2	3	4	5
	○	●							●		
Тип постройки						Каркасное здание с заполнением из кладки					



Комментарий:

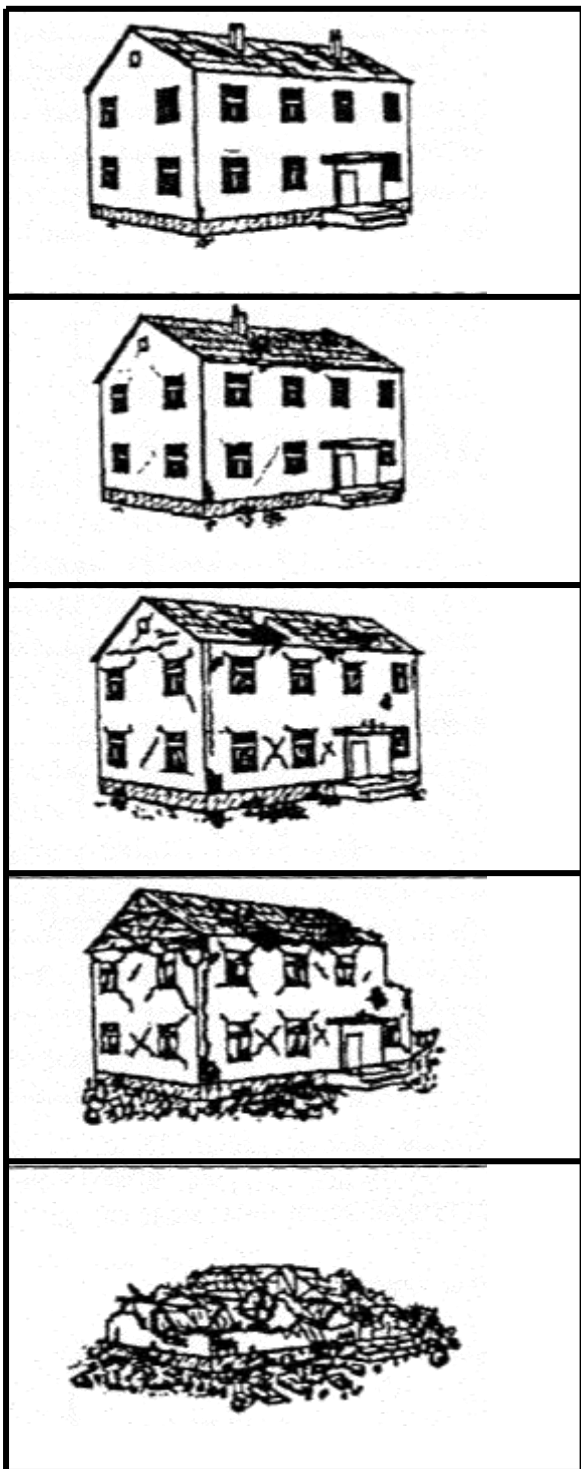
В данном случае всё заполнение из кладки низкого качества выпало из каркасного обрамления и выключилось из работы. Каркас их железобетонных рам устоял. Однако, в некоторых случаях частично оставшееся заполнение каркаса укорачивает высоту железобетонных колон, чем провоцирует потерю их устойчивости.

Приложение 3

Приложение № 3

**Классификация конструктивных повреждений некоторых зданий-
сенсоров 1-го ранга**

Здания с несущими каменными стенами (пп. 1-6 приложения № 1)



**Степень 1: Пренебрежимые или
легкие повреждения (нет повреждений
несущих элементов)**

волосяные трещины в немногих
стенах; отпадение маленьких кусков
только штукатурки. В редких случаях
падение верхних плохо закрепленных
частей здания (декоративных элементов
отделки и т. п.).

**Степень 2: Умеренные
повреждения (легкое повреждение
конструктивных (несущих), умеренные
повреждения неконструктивных
элементов)** трещины во многих стенах;
падение относительно больших кусков
штукатурки; падают части дымовых труб,
вент. блоков, парапетов и козырьков с
крыши.

**Степень 3: Тяжелые повреждения
(умеренные повреждения
конструктивных (несущих), тяжелые
повреждения неконструктивных
элементов)** большие протяженные
трещины в большинстве стен; потеря

Описание и классификация конструктивных повреждений зданий-сенсоров 1-го ранга, не вошедшие в настоящее приложение, в настоящее время являются предметом обсуждения и важным элементом дальнейшего развития макросейсмической шкалы.

Здания с несущими стенами из крупных блоков

(п. 7 приложения № 1)

несущей способности отдельных простенков, перекрытия находятся в состоянии, близком к предельному, но плиты сохраняют прочность и устойчивость. Дымовые трубы ломаются на уровне крыши; разрушение отдельных неконструктивных элементов.

Степень 4: Очень тяжелые повреждения (Тяжелые повреждения конструктивных (несущих), очень тяжелые повреждения неконструктивных элементов) серьезные разрушения (потеря несущей способности) многих стен; частичные обрушения зданий (перекрытий).

Степень 5: Обрушение (коллапс) (очень тяжелые разрушения конструктивных (несущих) элементов) полное или почти полное обрушение здания.

Степень 1 Пренебрежимые или легкие повреждения (нет повреждений несущих элементов)	Волосяные трещины в горизонтальных и вертикальных швах между блоками; любые повреждения блоков стен отсутствуют. В редких случаях раскрытие трещин в швах между блоками, не соединенными друг с другом закладными деталями. Стыки перегородок со стенами и перекрытиями раскрываются.
Степень 2 Умеренные	Большинство швов между блоками раскрывается; небольшие сдвиги стеновых блоков по

повреждения (легкое повреждение конструктивных (несущих), умеренные по- вреждения неконструктивных элементов)	горизонтали, редко из плоскости стены. <i>Отдельные повреждения</i> углов простеночных блоков в местах опирания на них перемычных. Закладные элементы, соединяющие блоки, не повреждаются. Некоторые перегородки теряют связь со стенами, а <i>отдельные</i> мелкоштучные перегородки заметно повреждаются.
Степень 3 Тяжелые повреждения (умеренные повреждения конструктивных (несущих), тяжелые повреждения неконструктивных элементов)	Многие блоки сдвигаются в разных направлениях по горизонтали и даже поворачиваются, если не закреплены закладными деталями. <i>Отдельные</i> соединения блоков закладными деталями нарушены, что в редких случаях может носить массовый характер, однако устойчивость стеновых блоков сохраняется. Перекрытия находятся в состоянии, близком к предельному. В редких случаях обрушаются лестничные марши. Многие мелкоштучные перегородки значительно повреждены, а некоторые панельные падают. Некоторые элементы парапетов и козырьков крыш падают вниз.
Степень 4 Очень тяжелые повреждения (Тяжелые повреждения конструктивных (несущих), очень тяжелые	Отдельные стеновые блоки теряют устойчивость, вызывая частичное обрушение перекрытий. Некоторые лестничные марши и площадки, а также входные козырьки обрушаются.

повреждения неконструктивных элементов)	
Степень 5 Обрушение (коллапс) (очень тяжелые разрушения конструктивных (несущих) элементов)	Все межэтажные перекрытия обрушаются, даже если некоторые стены сохранили устойчивость.

Здания с несущими стенами из деревянного бруса/бревен

(п. 11 приложения № 1)

Степень 1 Пренебрежимые или легкие по- вреждения (нет повреждений несущих элементов)	Нарушения примыкания выдры к печной трубе в некоторых домах; многочисленное отслоение маленьких кусков и мелкие трещины в штукатурке.
Степень 2 Умеренные повреждения (легкое повреждение конструктивных (несущих), умеренные по- вреждения неконструктивных	Многочисленные нарушения штукатурки на стенах домов; повреждения дымовых труб и примыкающих к ним участков крыш. В редких случаях небольшие горизонтальные подвижки и/или повороты в плане деревянного сруба, не закрепленного на ленточном фундаменте. Нарушения целостности в углах пересечения стен (в т. ч. прямых углов). Небольшие крены стен двухэтажных зданий, в которых отсутствуют вертикальные сжимы. Нарушение примыканий оконных и дверных блоков к

элементов)	обрамляющим их стенам (колоде).
Степень 3 Тяжелые повреждения (умеренные повреждения конструктивных (несущих), тяжелые повреждения неконструктивных элементов)	Значительные горизонтальные смещения и/или повороты в плане деревянного сруба, не закрепленного на ленточном фундаменте. Оконные стекла разбиваются из-за значительной деформации оконных и дверных проемов. Здания накрываются, теряют устойчивую форму, кирпичные печи и трубы разрушаются. Бревна (брусья) несущих стен, соединенные нагелями, сохраняют устойчивое проектное положение. Некоторые простеночные блоки выпадают. Перекрытия находятся в состоянии, близком к предельному.
Степень 4 Очень тяжелые повреждения (Тяжелые повреждения конструктивных (несущих), очень тяжелые повреждения неконструктивных элементов)	Деревянные, даже при закреплении нижних венцов к фундаментам, срубы срываются с фундаментов и смещаются в большой степени. Здание в значительной степени деформируется, накрывается и теряет устойчивость формы. Устойчивость углов и пересечений несущих стен, даже при рубке «с остатком», нарушается. Некоторые перекрытия становятся зыбкими и частично повреждаются, а <i>отдельные</i> частично обрушаются, но общая устойчивость здания сохраняется.
Степень 5 Обрушение (коллапс) (очень тяжелые разрушения конструктивных	Общая устойчивость здания не обеспечивается, здание полностью обрушается.

(несущих) элементов)	
---------------------------------	--

Бескаркасные крупнопанельные здания

(п. 12 приложения № 1)

Степень 1 Пренебрежимые или легкие по- вреждения (нет повреждений несущих элементов)	Легкие повреждения герметичности швов наружных панелей стен. Местами небольшое выкрашивание герметика. Волосяные трещины в швах между панелями (оконтуривание).
Степень 2 Умеренные повреждения (легкое повреждение конструктивных (несущих), умеренные по- вреждения неконструктивных элементов)	Заметные нарушения герметичности швов. Иногда повреждения сварки стальных деталей соединения панелей. Нарушения соединений внутренних и наружных панелей без потери работоспособности этих панелей. Остаточные деформации наружных стеновых панелей отсутствуют.
Степень 3 Тяжелые повреждения (умеренные повреждения конструктивных (несущих), тяжелые	Повсеместное нарушение целостности швов между панелями наружных стен. Заметные деформации отдельных наружных панелей (перекосы этажей). В редких случаях падение внутренних панелей и/или выключение из работы (отказ, выпадение) отдельных наружных панелей при сохранении общей прочности и устойчивости перекрытий.

повреждения неконструктивных элементов)	
Степень 4 Очень тяжелые повреждения (Тяжелые повреждения конструктивных (несущих), очень тяжелые повреждения неконструктивных элементов)	Многочисленные нарушения целостности, связей и сварных соединений между несущими панелями. Многие наружные и внутренние панели теряют устойчивость и выключаются из работы вследствие потери прочности или выпадения из панельной стены. Перекосы этажей достигают значительной величины. Некоторые внутренние панели теряют прочность и устойчивость (падают) в таком количестве, что <i>отдельные</i> плиты перекрытий обрушаются. В многоэтажных зданиях возможно «схлопывание» этажа (этажей) (начальный «эффект сэндвича»).
Степень 5 Обрушение (коллапс) (очень тяжелые разрушения конструктивных (несущих) элементов)	Массовая потеря прочности и/или устойчивости панельных стен. Перекосы этажей достигают и превышают критические значения. Панели перекрытий падают, или этажи «схлопываются» («эффект сэндвича»). Полное обрушение здания.

Железобетонные каркасные здания (рамные, рамно-связевые, рамно-диафрагменные)

(по пп. 13, 14 приложения № 1)

Степень 1 Пренебрежимые или легкие по- вреждения (нет повреждений несущих элементов)	Тонкие трещины в штукатурке над элементами каркаса или в основании стены.
Степень 2 Умеренные повреждения (легкое повреждение конструктивных (несущих), умеренные по- вреждения неконструктивных элементов)	Трещины в колоннах и балках каркаса и в диафрагмах; трещины в перегородках и стеновом заполнении каркаса; падение кусков штукатурки, выпадение заполнения швов в ограждающих конструкциях.
Степень 3 Тяжелые повреждения (умеренные повреждения конструктивных (несущих), тяжелые повреждения неконструктивных элементов)	Трещины в колоннах и соединениях ригелей с колоннами в основании каркаса и соединениях диафрагм; отслаивание защитного слоя элементов каркаса; выпучивание арматуры колонн. Общая устойчивость перекрытий сохраняется. Сквозные трещины в перегородках и стеновом заполнении; падение отдельных перегородок и стеновых заполнений.
Степень 4	Большие трещины в элементах каркаса;

Очень тяжелые повреждения (Тяжелые повреждения конструктивных (несущих), очень тяжелые повреждения неконструктивных элементов)	разрушение бетона в зонах сжатия, разрыв арматуры, в т. ч. предварительно напряженной; наклон колонн. Обрушение отдельных плит перекрытий. Выключение нескольких колонн верхнего этажа или его коллапс, «схлопывание» среднего (слабого) этажа; обрушение части (крыла) здания.
Степень 5 Обрушение (коллапс) (очень тяжелые разрушения конструктивных (несущих) элементов)	Обрушение нижнего (в т. ч. «гибкого») этажа и других частей здания (в т. ч. крыльев).

Комментарии к Стандарту

Комментарии к положениям Стандарта «макросейсмическая шкала»

Структура стандарта модифицирована по отношению к базовому региональному стандарту Европейской макросейсмической шкалы (EMS-98), разработанной для использования в странах Европейского сообщества.

При модификации EMS-98 введены следующие улучшения.

- Типы зданий как главных объектов-сенсоров классифицируются только и строго по единому главному аспекту – их конструктивной уязвимости, в которую при классификации включены, в отличие от EMS-98, все определяющие ее признаки, в т. ч.

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

регулярность, этажность, симметричность, качество проектирования и строительства, физическое состояние и др. Например, здания одинакового конструктивного типа могут различаться по классу конструктивной уязвимости в зависимости от их размеров и конфигурации, и даже здания одинаковой формы и этажности могут быть оценены уязвимостью разного класса, если они имеют, например, разный износ.

- Эффекты, наблюдаемые в строительных сооружениях, описываются также, как и в зданиях через их конструктивную уязвимость, которая является аспектом стандартизации.
- Классификация повреждений представлена в более общем виде, позволяющем лучше реализовать экспертный подход и расширить представительство объектов-сенсоров на перспективные для назначения интенсивности строительные сооружения. Таблицы повреждений зданий с каменными и монолитными ж/б стенами, соблюдая наследственность, переносятся в методическое пособие, как наиболее апробированная категория зданий-сенсоров, имеющая 1-й ранг надежности. Приложения к стандарту могут быть увеличены путем добавления наблюдаемой повреждаемости новых строительных объектов-сенсоров разного ранга надежности.
- Шкала уязвимости и классификация избранных примеров уязвимости зданий выведены из настоящего стандарта шкалы и приложений к нему.
- Количественные категории объектов-сенсоров дополнены по отношению к аспектам стандартизации (сейсмическим эффектам) аналогичной классификацией вероятностных категорий, которая используется альтернативно количественной.
- Введен новый аспект – ранг надежности, касающийся всех объектов-сенсоров, а также их аспектов, определяющих интенсивность, что представляется очень существенным и важным. Соответственно, появилась возможность ввести раздел 7, касающийся оценки соответствия, и раздел 8, касающийся дальнейшего развития шкалы, что также является нововведением.
- Объекты и аспекты второго ранга должны во многом уточняться и дорабатываться, дополнительно дифференцироваться и классифицироваться, прежде чем они частично или полностью могут получить 1-й ранг надежности; эти сенсоры и их аспекты не могут быть изъяты из шкалы или даже переведены в 3-й ранг при развитии шкалы. Объекты и аспекты третьей категории надежности, по мере накопления базы данных и совершенствования шкалы, могут быть оставлены в ней как угодно долго в этом ранге, переведены в более высокий второй ранг или даже изъяты из шкалы.

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

- Снижена крупномасштабность шкалы путем использования дополнительного количественного параметра («отдельные» - very few), применяемого пока в ранге «подопытные».
- Существенно уменьшен учет эффектов человека при назначении интенсивности. Таким образом, мы уменьшаем роль человеческого фактора (уязвимости населения), увеличивая соответственно роль конструктивной уязвимости при анализе и назначении интенсивности землетрясений в средней/инженерной части шкалы.
- Шкала предполагает еще более явный, чем в EMS-98, экспертный подход при назначении интенсивности.
- Стандарт допускает одновременно оценивать и сопоставлять макросейсмическую и инструментальную интенсивности с тем, чтобы изучать и понимать причины расхождения их оценок, если такие несоответствия есть.
- В стандарте использованы определения, принятые в Российской Федерации в соответствие с действующим законодательством, а также термины, гармонизированные с международной практикой и, в частности, с европейскими нормами и стандартами.

Комментарии к разделу 4

О макросейсмической интенсивности

Говоря об интенсивности как объекте стандартизации, мы имеем дело с формализованной процедурой категорирования и упорядочивания, причем эта процедура имеет тенденцию к увеличению формализации. Таким образом, интенсивность – это, безусловно, больше чем просто перечень наблюдаемых эффектов, но, с другой стороны,

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

из-за ее природы использование интенсивности ограничено и нельзя от нее ожидать больше, чем мы сами в нее заложили.

Объекты-сенсоры

Продолжая традицию от MSK к EMS, в настоящем стандарте усиливается и расширяется роль зданий и сооружений в качестве объектов-сенсоров. Прежде всего, этому способствовал переход от ограниченного числа конструктивных типов зданий к возможности рассматривать широкий диапазон разнообразных зданий, включая самые современные, дифференцированные по классам их конструктивной сейсмической уязвимости. В приложении № 1 к стандарту существенно расширена по сравнению с EMS-98, таблица, содержащая примерные оценки уязвимости некоторых наиболее распространенных конструктивных типов зданий. С другой стороны, в шкале немного уменьшено использование реакции людей (п. 4.10). Это объясняется пониманием существенно разной человеческой реакции на землетрясения одинаковой силы, что объясняется различным уровнем образования и культуры, привычками, стандартами поведения, а также во многом опытом пережитых землетрясений. Число предметов быта, используемых как сенсоры, также немного сокращено, поскольку изъяты некоторые из них, не распространенные в настоящее время. Также изъяты как сенсоры животные, поведение, реакцию которых при землетрясении нельзя достаточно строго классифицировать и прогнозировать. При этом стали невозможны ошибки, когда биологические предвестники землетрясений путают с наблюдаемыми эффектами поведения животных, реагирующих на реальные землетрясения.

Конструктивная уязвимость зданий и сооружений

- В EMS-98 конструктивная сейсмическая уязвимость строительных сооружений классифицирована по мере снижения уязвимости в виде 6 классов, обозначенных от А до F. Такая классификация уязвимости может порождать противоречия и ошибки у пользователя, поскольку в нарастающих от А до F классах уязвимости величина этой уязвимости на самом деле уменьшается. Использование шкалы уязвимости, построенной по обратному принципу, т. е. по мере возрастания измеряемых шкалой значений уязвимости (например, от малозаметной/slight до очень высокой/ very high) было бы лучшим вариантом. Однако, с позиций гармонизации и единства используемых терминов и методических подходов, в настоящем стандарте принята такая же, как в EMS-98 классификация уязвимости.

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

- В комментируемом стандарте самый низший и самый высший классы уязвимости разбиваются на 2 подкласса, в результате чего появляется подкласс A_1 с соответствующей чрезвычайно высокой уязвимостью, а также класс F_2 с соответствующей чрезвычайно высокой сейсмостойкостью (низкой уязвимости). Появление подкласса A_1 вызвано, например, обследованием последствий землетрясений Бам (Иран 2002 г.) и возведением таких зданий, которые разрушаются даже при землетрясениях интенсивностью VI. Пример такого здания со стальным каркасом, кирпичными стенами и потолками приведен на рисунке К-1. Именно в таких зданиях и только в них при $I=VII$ возможны в отдельных случаях повреждения степени $d=4$. Выделение класса уязвимости F_2 объясняется необходимостью проектирования и строительства сейсмостойких зданий в районах РФ, где по карте А ОСР-97 установлена сейсмичность 10 баллов, т. е. в этих 3-х населенных пунктах возможны площадки строительства с сейсмичностью даже 11 баллов.



Рисун

ок К-1. Пример здания с чрезвычайно высокой уязвимости (класс A_1)

- На сейсмически активных территориях, заблаговременно до землетрясений, выполняется паспортизация и сейсмическая сертификация эксплуатируемых зданий, на основании которой составляются территориальные каталоги конструктивной уязвимости объектов-представителей массовой застройки урбанизированных и сельских сейсмически активных районов. Размер этих районов назначается с учетом административного деления, наличия сейсмичных зон, истории урбанизации, архитектурно-планировочных и конструктивных особенностей сложившейся

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

застройки и т. п. Паспортизация застройки сейсмоактивных территорий, также как и инженерное обследование зданий и сооружений, поврежденных землетрясениями, выполняется на основании соответствующих Сводов Правил, утверждаемых в установленном порядке.

Классификация повреждений

- В развитие EMS-98 указано на тесную причинную связь нарастающей (от 1 до 5-ой степени) повреждаемости с несущей способностью (остаточным ресурсом, надежностью) объекта-сенсора и соответственно уменьшающейся его эксплуатационной пригодностью (способностью выполнять заранее заданные эксплуатационные требования). Конечно, прежде всего, п. 4.5 относится к зданиям и инженерным сооружениям, и именно это специально выполнено в комментируемой шкале. Представляется, однако, что внутренний смысл п. 4.5 имеет отношение и к другим объектам-сенсорам, указанным в п. 4.2, что является объединяющей тенденцией дальнейшего развития макросейсмической шкалы.

В комментируемом стандарте реализована попытка увязать степени повреждения зданий с их несущей способностью, а также со способностью сохранять заранее заданные эксплуатационные функции. Для этого в таблице 1 Стандарта в описание повреждаемости несущих элементов зданий включены характеристики потери несущей способности зданий при 2, 3 и 4-ой степени повреждения. Что касается связи степеней повреждения со способностью здания удовлетворять эксплуатационным требованиям, то для этого выделены следующие, представляющиеся наиболее важными, предельные эксплуатационные состояния:

- Предельное состояние, превышение (ухудшение) которого влечет за собой нарушение основных требований, предъявляемых к нормальной эксплуатации здания; эксплуатация возможна с ограничениями (расположено в пределах 2-ой степени повреждений);
- Предельное состояние, превышение (ухудшение) которого влечет за собой угрозу здоровью и жизни людей (расположено в пределах 3-ей степени повреждений);
- Предельное состояние, превышение (ухудшение) которого влечет за собой абсолютную невозможность дальнейшей эксплуатации здания (расположено в начальной стадии 4-ой степени повреждений);

В описании повреждений зданий различного конструктивного типа (приложение № 3 к Стандарту) дополнительно предусмотрена увязка предельной несущей

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

способности (остаточного ресурса, надежности) здания и его способности удовлетворять главному требованию по безопасности: в качестве критерия безопасности здания для здоровья и жизни людей принят начальный момент обрушения любого элемента (части) перекрытий здания. Более детальные характеристики разных предельных эксплуатационных состояний здания и крайне предельного состояния здания приводятся в специально разработанной шкале эксплуатационной пригодности зданий, представленной в таблице К-1.

№ кат	ЭС пригодность здания	Цвет карточки	Степень повреждения d	Примечание
1	Пригодно для нормальной эксплуатации без ограничений		0-1	Возможен текущий ремонт
2	Пригодно для ограниченной эксплуатации		2	Требуется ремонт
3	Пригодно лишь для аварийной эксплуатации; риск вреда жизни или здоровья		3	Требуется остановка эксплуатации
4	эксплуатация здания и пребывание людей недопустимы		3-4	Восстановление возможно; требуется эвакуация людей и ценностей
5	Восстановлению не подлежит, требует ликвидации		4	Охрана/ликвидация объекта и неотложные работы при ЧС решаются в особом порядке
6	Здание разрушено, полный общий отказ		5	Комплекс неотложных работ при ЧС

Таблица К-1. Шкала эксплуатационной пригодности зданий (MARTS)

- В представляемом Стандарте, как и в последней редакции EMS-98, сделана попытка (приложение № 3) описать для разных конструктивных типов зданий характер их повреждений дифференцированно для каждой степени. Вполне понятно, что, с одной стороны, в приложении № 3 экспертные описания вероятных повреждений в каждом кластере выполнены очень обобщенно, а с другой стороны, перечень рассмотренных конструктивных типов зданий не может охватить огромное разнообразие факторов, определяющих конструктивную уязвимость разных зданий к землетрясениям, физические (повреждающие и разрушающие) параметры которых

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

также весьма разнообразны и еще в большей степени малоизученны. К сожалению, аналогичная классификация уязвимости, соответствующие примеры и экспертные описания повреждаемости инженерных сооружений в рассматриваемой редакции шкалы не разработаны.

- Степени повреждений представляют собой нечто вроде компромисса. В идеале степени от 1 до 5 должны были бы отражать линейное возрастание силы сотрясений. Они делают это только приблизительно, и на них сильно влияет необходимость описания кластера повреждений, который уже может быть выбран экспертом заранее (см., например, приложение № 3). Также стоит отметить, что не все возможные комбинации класса уязвимости и степени повреждений упомянуты в каждом балле шкалы в таблице 2, как правило, только две высших степени повреждений взяты для каждого балла шкалы. Предполагается, что соразмерное число зданий будет иметь меньшую степень повреждений.

Очевидно, что различные по конструктивным схемам, материалам и другим признакам здания, отнесенные даже к одному классу уязвимости, повреждаются и разрушаются по-разному.

Степени повреждений от 1 до 5 соответствуют приведенным в приложении № 3, что относится к основным типам эксплуатируемых сегодня зданий. Места и характер повреждений различны для зданий, запроектированных и возведенных в разное время.

Как и во всех предыдущих поколениях макросейсмических шкал следует четко различать:

- повреждения несущей конструкции;
- повреждения ненесущих элементов (перегородок, ненесущих стеновых заполнений каркаса и т. п.);
- повреждения специально предусмотренных зон пластических деформаций (узлы и соединения полносборных зданий, специальные болтовые и связевые элементы, диссипирующие энергию, и т. п.; соединения балок в стеновых структурах, соединения в зданиях из готовых стеновых элементов или балки в сочленениях каркасных структур).
- Для назначения интенсивности происходящих землетрясений при обследовании пострадавшего здания необходимо выявлять вторичные и другие сопутствующие (оползни, лавины, толчки соседних зданий и др.) воздействия и постараться отделить те повреждения, которые этими воздействиями вызваны. И наоборот, те перегрузки и запроектные воздействия, которые обусловлены непосредственно землетрясением

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

(резонансные условия, большая продолжительность эффективного воздействия и др.) должны быть обязательно приняты во внимание.

- Следует обратить специальное внимание, что анализируемые для последующего назначения интенсивности сейсмические события, должны представлять из себя один главный толчок. Вклад форшоков и, главное, сильных афтершоков, роя землетрясений невозможно выделить, рассматривая результирующие сейсмические эффекты, т. е. в этом случае невозможно правильно назначить интенсивность некоего суммарного сейсмического события, отдельные воздействия которого могут увеличить уязвимость и соответствующие наблюдаемые повреждения зданий-сенсоров. К тому же дальнейшее использование такой интенсивности будет некорректным. Вот почему инженерное обследование последствий землетрясения должно выполняться сразу после интересующего нас землетрясения, а люди должны быть выведены из зданий, прежде чем произойдет афтершок.
- В особых случаях со зданиями, имеющими проектные антисейсмические мероприятия, определяющие уровень сейсмостойкости (УСС), возрастание повреждений с силой сотрясений может происходить нелинейно. Это подтверждается современными принципами сейсмостойкого строительства, по которым зданиям различного физического и эксплуатационного состояния соответствует разный УСС, в частности:
 - а. Здания с $УСС=7$, которые запроектированы, чтобы противостоять частым повреждающим землетрясениям, должны выдержать проектные землетрясения без ущерба несущим конструкциям и без ущерба вообще, или с небольшим ущербом, который мало повлияет на нормальную эксплуатацию здания;
 - б. Здания с $УСС=8$, которые запроектированы, чтобы противостоять реже случающимся значительно повреждающим землетрясениям, должны выдержать проектные землетрясения с умеренным ущербом несущим конструкциям, при котором состояние здания обеспечивает его нормальную эксплуатацию с установленными ограничениями;
 - в. Здания с $УСС=9$, которые запроектированы, чтобы противостоять еще более редким разрушительным землетрясениям, должны выдержать повреждения несущих конструкций без потери структурной целостности и устойчивости. Для зданий этого УСС разрешенная степень повреждений не должна превышать 3.

Количественная классификация

- Использование количественных терминов ("некоторые", "многие", "большинство") обеспечивает важный статистический элемент в шкале. Необходимо использовать этот статистический элемент в широких терминах, поскольку любая попытка представить шкалу как ряд графиков, показывающих точный процент, будет невозможна для практического применения и нарушит устойчивость шкалы. Но определение этих терминов численно не очень просто. Если некоторые-многие-большинство определены, как последовательный ряд процентов (например, 0-20%, 20-60%, 60-100%), происходит нежелательный эффект того, что небольшое увеличение процента при некотором наблюдении может скачкообразно превзойти пороговое значение и увеличить интенсивность на один балл, в то время как в другом случае такое же приращение не превзойдет порог и не будет оказывать влияния. Широко перекрывающиеся определения (0-35%, 15-65%, 50-100%) вызывают трудности с неоднозначностью для наблюдаемой величины (например, 25%), а широко разделенные определения (0-20%, 40-60%, 80-100%) вызывают подобные проблемы для неопределенных диапазонов значений. В настоящем проекте шкалы было найдено компромиссное решение, использующее узко перекрывающиеся определения, но на самом деле ни одно решение не является идеальным. Целью в данном случае была попытка придания шкале максимальной устойчивости, и приведенные определения количества следует использовать именно в таком понимании.

Рисунок К-1 показывает типичное распределение степени повреждений по частоте для баллов интенсивности без указания отдельных типов зданий. Описание интенсивности ограничено специальными секущими точками (между высшими степенями повреждений и значениями функции вероятности повреждений) этого частотного распределения. На практике жестокость повреждений и вероятность их возникновения образуют континуум, из которого образцовые точки (выражаемые количественно как "некоторые", "многие" и "большинство") используются для описания интенсивности.

Как показано на рисунке К-1, секущие точки между нижними степенями повреждений и значениями функции вероятности повреждений используются для назначения баллов интенсивности.

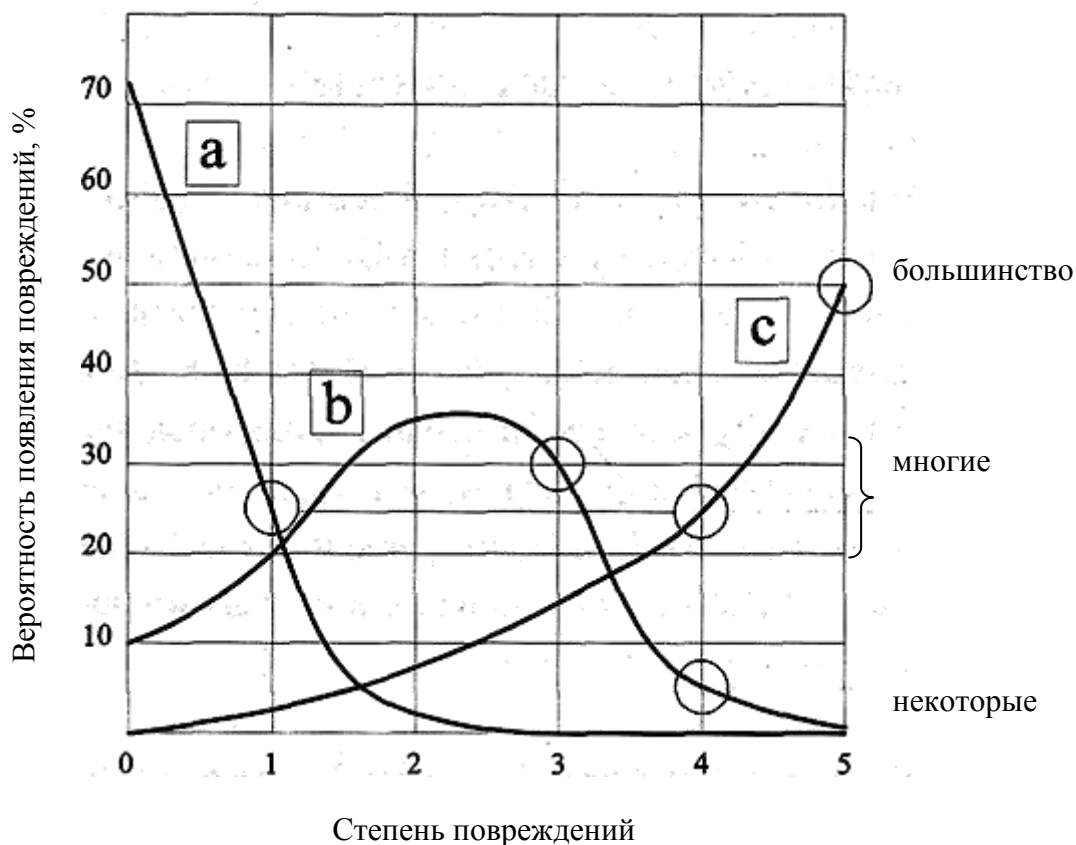


Рисунок К-1. Связь между типичной частотой распределения степени повреждений для различных баллов интенсивности и определения, используемые в представленной шкале интенсивности

○ - точки пересечения между степенями повреждений и функцией вероятности повреждений, взятые для классификации баллов интенсивности

Уровень интенсивности:

а - I=VI

б - I=VIII

с - I=X

- Признано, что количественные оценки, принимаемые в стандарте шкалы, нецелесообразно дробить/уточнять. Поэтому оставлены принятые в EMS-98 3 основные градации. Однако в целях прогресса и дальнейшего развития макросейсмической шкалы в опытным порядке добавлена еще одна количественная категория «отдельные» (very few). Этой «подопытной» категории присвоен соответственно 2-ой ранг надежности, и она выделена курсивом.

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

- В стандарте шкалы предлагается возможность описания наблюдаемых эффектов не только с помощью количественных характеристик, но так же и с помощью оценок вероятности возникновения того или иного эффекта. Эти характеристики являются альтернативными и сосуществуют только для удобства пользователя, поскольку являются взаимозаменяемыми, в связи с чем они имеют одинаковые количественные диапазоны определения. На практике для описания числа наблюдаемых эффектов может использоваться только одна из этих характеристик, т. е. пары «большинство-высоковоероятные», «многие-вероятные», «некоторые-маловероятные», «отдельные-редкие» являются эквивалентными. Характеристики типа «большое количество редко возникающих трещин в простенках» использоваться не могут.

Ранги надежности

Нововведением в проект шкалы является ранжирование надежности оценок всех, перечисленных в п. 4.1 (а-д), аспектов стандартизации. Этот шаг сделан, с одной стороны, для обеспечения принципа преемственности, в связи с чем все хорошо апробированные в предыдущих поколениях макросейсмических шкал аспекты использованы в новом стандарте, и им присвоен ранг 1, соответствующий наивысшей надежности. С другой стороны, для реализации прогресса и развития шкалы путем расширения используемых в шкале объектов-сенсоров и других аспектов стандартизации (сейсмическая уязвимость, повреждаемость и т. д.) предусмотрена возможность включения этих дополнительных, пока недостаточно проверенных, аспектов в шкалу. Такой прогресс очень нужен и важен, но, чтобы эти объекты прошли необходимую проверку, нужно время для накопления знаний и опыта того, как эти аспекты подтверждают себя качественно и количественно при новых реальных землетрясениях. Таким образом, эти новые аспекты стандартизации не столь надежны, как многолетние проверенные, в связи с чем им придается 2-ой ранг надежности, что учитывается в итоге при назначении интенсивности. Ко 2-му рангу надежности относят преимущественно те новые аспекты, которые по однозначному мнению экспертов являются перспективными и в течение ближайших 10 лет, скорее всего, будут апробированы и переведены в 1-й ранг надежности. Тем аспектам стандартизации, которые, с точки зрения перспективы их перевода в течение ближайших 10 лет в 1-й ранг надежности, являются сомнительными по мнению большинства экспертов, присваивается 3-ий ранг надежности; эти аспекты могут быть в любое время выведены из стандарта шкалы, как неперспективные. Представляется, что введение ранга надежности открывает

хорошие возможности для дальнейшего развития макросейсмической шкалы глобальной значимости.

Комментарии к разделу 5

Термины качества интенсивности

В целях гармонизации, упорядочения и унификации немного отличающихся в разных макросейсмических шкалах мира наименований землетрясений разной интенсивности принято европейское толкование. В частности, землетрясение интенсивностью V называется «сильным/strong», а затем следуют наименования, характеризующие степень повреждения зданий (I=VI, VII, VIII) и разрушения зданий (I=IX, X), т. е. эти наименования четко привязаны к главным наблюдаемым эффектам в инженерной части шкалы.

Система обозначений/запись

Считается обычным, т. е. является важным элементом преемственности, чтобы интенсивность обозначалась римскими цифрами, либо для более явного отличия от магнитуды, либо для подчеркивания целочисленной природы шкалы. Поскольку римские цифры трудно обрабатывать компьютером, такое наследственное соглашение периодически нарушается. И все же одновременное использование римских или арабских цифр нельзя считать только делом вкуса, в связи с чем рекомендуется все же для обозначения макросейсмической интенсивности I_{ms} использовать римские цифры, что отличает ее от инструментальной интенсивности I_{in} , повсеместно используемую одновременно с I_{ms} . Дополнительная важность такого различия в обозначении следует из рекомендаций п. 6.3 стандарта о совместном рассмотрении I_{ms} и I_{in} . Таким образом, при совместном использовании I_{ms} и I_{in} макросейсмическую интенсивность настоятельно рекомендуется изображать римскими цифрами. При изображении изосейст на картах используется, как правило, значение интенсивности, представляемое арабскими цифрами. Кроме этого, также существует набор общепринятых символов для нанесения интенсивностей на карту, основанных на кружках с возрастающим заполнением по мере увеличения значения.

Комментарии к разделу 6

В комментариях к разделу 6 излагаются некоторые правила и рекомендации по назначению макросейсмической интенсивности.

Общие замечания

Описания при каждом балле шкалы интенсивности являются идеализированными "словесными картинками", ожидаемыми при каждом уровне интенсивности. Каждый эффект, описанный в шкале, может рассматриваться, как диагностика или тест, по отношению к которым измеряются данные. Однако, это не следует применять слишком жестко. Обычно оказывается непрактичным устанавливать жесткие формулировки применительно к данным, поскольку не следует ожидать, что все диагностики будут удовлетворять данным во всех случаях.

Хотя при назначении интенсивности присутствует доля субъективности, опытные исследователи редко существенно разойдутся в оценках между собой. Невозможно установить указания для всех случаев, но описанное далее может оказаться полезным.

Интенсивность и место

Интенсивность существенно связана с местом, и обычно может оцениваться только по отношению к конкретному месту, например, "интенсивность I в Светлогорске (Калининградская область) была V" (или, более корректно, "интенсивность в Светлогорске была оценена как V"). Сказать "интенсивность землетрясения была VIII" без указания места будет неправильным применением понятия. В этом случае лучше сформулировать так: "максимальная интенсивность землетрясения" была VIII".

Важен вопрос о том, насколько велико или мало может быть место, которому можно присвоить интенсивность, и на него не просто дать определенный ответ. Проблема возникает из-за хорошо наблюдаемого факта, что толчки существенно отличаются, и весьма произвольно, даже на небольших расстояниях. Так, в двух соседних домах, очевидно, находящихся в одних условиях, может случиться так, что в одном землетрясение ощущается сильнее, чем в другом, или что один будет существенно поврежден, а другой почти не получит повреждений.

Концепция интенсивности вращается вокруг идеи о том, что некоторый уровень силы толчков характерен для конкретного места, а это предполагает, во-первых, что поселение

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

достаточно велико для получения статистически значимого объема данных без искажающего влияния мелкомасштабными особенностями, а, во-вторых, оно не слишком велико, чтобы не затмить общие отличия на местности.

Таким образом, интенсивность не может быть присвоена отдельному зданию или улице; также не следует присваивать интенсивность мегаполису или национальному округу. В общих обстоятельствах самое маленькое место не должно быть меньше деревни, а самое большое не крупнее города средних размеров. Таким образом, разумно присвоить одно значение интенсивности, например, г. Адлеру, Анапе или Туапсе, но не г. Краснодару. Будет лучше разделить Краснодар на несколько районов. Здесь не установлено жестких правил, поскольку индивидуальные обстоятельства повлияют на пользователя при принятии решения в конкретном случае.

Также желательно присваивать значения местностям, которые практически однородны, особенно в части типов грунтов, иначе разброс сообщаемых эффектов толчков будет очень велик. В этом отношении Туапсе не столь хороший пример. Однако, это не всегда практично, в зависимости от точности данных и того, как они собирались. В случае, если город имеет районы с очень отличающимися геотехническими условиями (например, половина может располагаться на аллювиальном берегу, а другая - на плато), каждой части города следует присваивать свои значения интенсивностей независимо.

Связь макросейсмической и инструментальной интенсивностью

При разработке EMS-98 было сделано много попыток найти корреляцию между интенсивностью и отдельными физическими параметрами движения грунта, особенно пиковым ускорением грунта, и некоторые ранние шкалы действительно включали эквивалентное пиковое ускорение грунта как часть шкалы. Хотя и невозможно отрицать, что наблюдаемые эффекты, из которых получается значение макросейсмической интенсивности, являются результатом действительных (физических) параметров движения грунта (ускорений, скоростей, смещений, спектрального состава и длительности, колебаний), связь между ними очень сложна и не сводится к обычным вычислениям; есть также свидетельства того, что, например, пиковое ускорение грунта - не самый важный параметр, влияющий на интенсивность. Корреляция между интенсивностью и пиковым ускорением грунта обычно имеет очень широкий разброс, настолько широкий, что предсказанные значения имеют мало смысла. Поэтому в EMS-98 не предпринималось попыток составить сравнительную таблицу интенсивности и параметров движения грунта. Однако большинство российских сейсмологов считает возможным и даже

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

необходимым такую связь установить, что выполнено А.А. Аптикаевым в инструментальной сейсмической шкале.

Использование отрицательной информации

Информация о том, что эффект определенно не наблюдался, имеет не меньшее значение, чем информация о том, что он имел место, и при определении балла интенсивности такие данные не следует отвергать. Однако, предполагать, что, если эффект не наблюдался, то его и в действительности не было, опасно и неверно, если только нет особых причин для такого предположения.

Достоверность и выборки данных

Важный, но часто отвергаемый момент состоит в том, что доступные пользователю макросейсмические данные никогда, или очень редко, представляют собой полный список эффектов, происшедших во время землетрясения. Когда город с 20000 зданий сотрясается землетрясением, каждое из этих зданий будет подвергнуто тому или иному воздействию. Пользователь может иметь данные только о нескольких десятках, на базе которых основывается и заключение. Другими словами, его данные являются выборкой из полного набора наблюдавшихся эффектов. В таком случае следует спросить: является ли эта выборка репрезентативной по отношению ко всему объему данных или нет?

Чем меньше число сообщений, в абсолютных числах, тем больше вероятность ошибки, вызванной тем, что часть наблюдателей сообщает о конкретном эффекте по сравнению с истинной пропорцией, которую наблюдал город в целом. Если данные собирались с достаточным вниманием по методу случайного отбора, тогда возможно статистически вычислить величину ошибки. К сожалению, обычно этого не бывает. Рекомендуется, чтобы люди, занимающиеся сбором и изучением макросейсмической информации, ознакомились заранее с опросной анкетой и были специально обучены.

Пользователь может оказаться неспособным улучшить надежность данных, но он должен, по крайней мере представлять, что такое надежность и уметь подтверждать ее квалифицирующими утверждениями, относя их к одному из трех рангов надежности (п. 4.9), либо включением примеров.

Вероятно, проблема не столь серьезна, и может вообще не возникать, если пользователь (ревизоры, аналитики, эксперты) имеет прямой контроль над информаторами, осуществляющими сбор данных и исследование на месте. Она может быть очень серьезна, если данные получены из вторых или третьих рук. Сообщение журналиста между делом о серьезности эффектов в городе может базироваться на очень

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

малом исследовании; сообщение об одном из наблюдений может быть подано как типичное, хотя в действительности это не так. Это часто является особой проблемой при изучении исторических землетрясений, когда пользователь зависит от сравнительно немногочисленных данных, дошедших до наших дней.

Изложенное можно проиллюстрировать на примерах. Предположим, что единственная информация из конкретного города была о том, что многим людям было трудно стоять. Это диагностика для интенсивности VII, но без поддержки других диагностик, следует ли это считать подтверждением интенсивности VII? Трудно дать точные указания о том, что является, а что не является достаточным свидетельством, на котором базировать оценку интенсивности. Полезным подходом при малочисленных данных будет отмечать присвоенную по ненадежным данным интенсивность, используя ранг надежности оценки, VII? или (VII) или иную подобную форму записи.

Пороговые эффекты

Принятые описания (признаки, эффекты) при назначении интенсивности следует рассматривать как пороговые. Это означает, например, что, если эффекты землетрясения в конкретном месте можно рассматривать как превосходящие порог интенсивности VI, можно полагать, что эта интенсивность достигнута, если порог для интенсивности VII не был пройден, то тогда интенсивность не может равняться VII.

Еще раз о I_{ms} и ее записи

В дополнение к разделу 5 рекомендуется сохранять целое значение степени интенсивности, не используя арабские цифры и дробные значения, даже с точностью до полубалла, (например, «6,5» или «6+»), т. к. в увеличении разрешающей способности шкалы нет необходимости и, главное, такое уточнение практически нереализуемо на практике. Если в редких обоснованных случаях уточнение шкалы желательно, то это следует делать описанием.

Например, в селе Помпеи со 100 (каменными) домами 15 из них, оцениваемых по классу уязвимости А, понесли ущерб степени 1, а 14 других класса А понесли ущерб степени 2; 19 домов, оцененных по уязвимости В, понесли ущерб степени 1, а 9 других класса В понесли ущерб степени 2. При рассмотрении повреждений по отдельности более чем достаточно оценить интенсивность VI, но не достаточно для оценки интенсивности VII. Интенсивность равно VI.

Тем не менее, возможны случаи, когда данные могут быть интерпретированы одинаково хорошо, как (например) VI или VII (но явно не VIII). В таких случаях интенсивность следует записать как VI-VII, понимая под этим VI или VII; это не означает

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

какого-то промежуточного значения. Выражать интенсивность как диапазон значений является в настоящее время обычной практикой, особенно для исторических данных, которых часто недостаточно для получения большей точности.

Возможны диапазоны шире двух баллов; можно написать VI-VIII, и это не означает VII.

Пример: в историческом документе записано: "в нашем городе дымовые трубы упали, но ни один дом не был серьезно поврежден". В этом ограниченном сообщении нет указаний, каков был процент упавших дымовых труб, поэтому интенсивность может быть VI или VII; утверждение, что определенно не было серьезных повреждений, указывает, что интенсивность была не VIII. Интенсивность VI-VII.

Односторонние оценки типа <VI (меньше VI) или >VII (больше VII) допустимы, если большая точность невозможна.

Пример: в документе сказано: "в таком-то населенном пункте было много повреждений". Если нет никакой другой информации, интенсивность >VII.

Следующая проблема вызвана неоднозначностью в данных; например, воздействие на людей могут предложить интенсивность только VII, а эффекты на зданиях предполагают интенсивность VIII, или наоборот. Если такая проблема возникает постоянно, она может указывать на какой-то местный или культурный фактор, действующий на результаты (люди более пугливы; очень низкий уровень строительства). Применительно к шкале в таких случаях при невозможности получить соответствие следует выражать интенсивность диапазоном, как описано выше.

Всегда будут случаи, когда данные будут не содержать деталей, или быть столь противоречивыми или невероятными, что сделать оценку будет невозможно. В таких случаях необходимо принять некоторое соглашение для обозначения наблюдения, например, точка, или "ощ." (ощущалось) и не делать оценки. Если необходимо, можно добавить примечание.

Пример: в хронике сказано: "это землетрясение было также в Нальчике, Баксане и Чегеме". В этих трех местах нельзя определить интенсивность, но следует отметить, что землетрясение ощущалось. Заметьте, что даже неизвестно, были ли повреждения, или нет, по столь ограниченной информации.

Оценка интенсивности из исторических записей

Исторические и документальные данные

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

Термин "исторические данные" часто используется для обозначения описаний эффектов землетрясений из исторических записей, то есть письменных источников доприборного периода (до 1900 года). Однако, следует подчеркнуть, что важные макросейсмические данные того же рода также доступны, и используются для землетрясений прошлого столетия и даже для очень недавних событий. Поэтому практически рассмотреть исторические записи и современные письменные свидетельства как "документальные данные". Этот термин используется здесь для отличия описаний эффектов землетрясений, записанных для не сейсмологических целей, от данных из анкет, собранных под руководством сейсмологов. Эти данные следует получать и интерпретировать в соответствии с историческими методами, независимо от того, относятся они к 1890 или к 1980 году. Получение и обработка документальных записей требует внимания и экспертизы, как показывает большое количество литературы последних лет. В частности, исследователь, обрабатывающий документальные сведения, должен иметь в виду, что информация до попадания к нему прошла долгий и запутанный путь. Поэтому очень важно начать с обсуждения контекста данных в исторических, географических и литературных терминах. Особое внимание следует обратить на следующие моменты:

- Значение источника, учитывая мотивацию для написания и контекст, в котором он был создан. Какова чувствительность источника к землетрясениям и другим природным событиям? (Например, при низкой интенсивности личный дневник много вероятнее будет отмечать землетрясение, чем протоколы городского совета).

- Контекст, в котором появляется сообщение, может содержать важную информацию, и не может игнорироваться. Например, книга может содержать короткое описание эффектов землетрясения в одной главе, но включать детали, исправляющие эту информацию в каком-либо аспекте, в другом месте тома. Если сообщение о землетрясении извлечь изолированно, такая, может быть, жизненно важная, информация будет потеряна. Характер слов описания также важен, и информацию следует извлекать так, чтобы не исказить нюансы оригинала.

- Место и время информации. Это очень важно: неосторожное обращение может привести к сдвиганию землетрясений, данные об одном землетрясении могут быть отнесены к другому событию, или действительное землетрясение перенесено в другое место. В некоторых случаях, данные невозможно адекватно разрешить по отношению к месту, или времени, или и тому, и другому - в таких случаях это следует четко отразить в данных.

Типы зданий (классы уязвимости) в исторических документах

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

Исторические отчеты часто детально сообщают повреждения особых монументальных построек (монастырей, церквей, дворцов, башен, колонн и т.д.). Менее часто они сообщают о воздействии на обычные здания, которые только и могут использоваться в рамках шкалы.

По отношению к обычным зданиям, классы уязвимости традиционных, например, для Забайкалья деревянных домов в большинстве случаев оцениваются в диапазоне от С до F₁. Без детальной информации (паспортизации/обследовании) очень трудно сделать надежную оценку сейсмостойкости и уязвимости этих зданий.

Можно предложить некоторые методы разрешения этой проблемы - например, если предполагается, что тип домов в конкретном месте в конкретное время был по уязвимости классов С или Е, возможно оценить интенсивность в предположении С, второй раз в предположении Е, а потом использовать диапазон полученных значений. Тогда единственная информация о том, что при Цаганском землетрясении 1862 г. у некоторых изб «сворачивало срубы» достаточно, чтобы оценить интенсивность этого землетрясения в Кабанске не менее IX. Можно также рассмотреть некие культурные факторы, если есть указания, что дома были слабее в бедных сельских районах, чем в расположенных рядом богатых городах, может быть разумным принять класс уязвимости каменных домов в деревнях - А и в городах - В.

Общее число зданий

Чтобы назначить интенсивность с применением процента поврежденных домов, необходимо знать не только число поврежденных, но и число неповрежденных домов. Источники данных, описывающие повреждения, часто не содержат такой информации. Однако, информацию об общем числе зданий в данном месте можно с некоторым успехом получить из других источников, типа демографических исследований, топографических работ, цензовых данных и т.д. В некоторых случаях надежные числа можно получить без труда. Чаще требуется использовать экстраполяцию на базе сведений о населении с различными предположениями и корреляциями. Эти числа будут содержать некоторую неопределенность, что следует принимать во внимание при определении интенсивности, часто доводя до не вполне неопределенных - но все же полезных - оценок. Дополнительная сложность заключается в том, что доступные числа могут относиться к территории, окружающей маленький городок, включая деревни, поселки и отдельные дома, хотя описание и предполагает, что речь идет только о городе. Описания повреждений могут содержать те же неясности. Можно или нет решить этот вопрос в конкретном случае, равноценно признанию того, что такая ситуация может привести к

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

неверности оценок на ± 1 . В таких случаях лучше всего обозначить диапазон интенсивностей, например, VII-VIII.

Качество описаний

Документы, сообщающие об эффектах землетрясения, в зависимости от их природы, часто концентрируют свое внимание на самых запоминающихся или новых эффектах, исключая прочие детали. Молчание источника по отношению к малым эффектам может быть вызвано рядом факторов и не может служить доказательством того, что не случилось ничего, кроме описанного. Аналогично, разговорные допущения также неверны; например, мало смысла в экстраполяции типа: "если упала колокольня, то хотя бы небольшой ущерб был причинен и большинству других построек". Единственный способ улучшения данных - это дальнейшее исследование (которое может быть просто неудачным). Информация, созданная в течение нескольких дней, недель, или даже месяцев после землетрясения, из того же или других источников, может освещать первую, либо добавляя данные о повреждениях, либо косвенно указывая эффекты. Например, указание, что жизнь в местности идет, как и до землетрясения - люди живут и работают в своих домах, городской совет собирается, как обычно, религиозные службы продолжаются - может считаться противоречащей описанию повреждения, соответствующего интенсивности IX. Если данных по-прежнему не хватает после проверки всех источников, следует взять ее в том виде, как она есть, и определить интенсивность с диапазоном неопределенности, соответствующем бедности данных. Хорошо сохранить запись того, каким путем было принято решение.

Повреждения монументальных построек

Повреждения монументальных зданий обычно лучше описываются в документальных источниках, чем повреждения обычных домов, по двум веским причинам:

1. Эти постройки более важны для пишущих такие сообщения ввиду их социальной, экономической, символической или культурной значимости;
2. Конструктивная и декоративная сложность таких построек такова, что они более вероятно могут быть повреждены по сравнению с обычными зданиями, даже в случае их лучшей постройки.

Это тот случай, например, когда мелкие архитектурные украшения отваливаются от церкви при толчках землетрясений, которые обычно не причиняют другого вреда. Следует быть осторожным, чтобы не переоценить интенсивность в результате таких

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

эффектов. Монументальные постройки обычно уникальны, или только несколько таких зданий есть в данном месте. Поэтому невозможно использовать данные, относящиеся к ним, статистическим способом, как того требует шкала. Такие данные следует обрабатывать с осторожностью, как дополняющие другие сообщения (если они есть). Если доступны данные только этого типа, следует использовать диапазон интенсивностей для указания ненадежности определения.

В некоторых случаях, при наличии очень детального описания повреждений здания, стоящего до сих пор, и которое можно исследовать, или для которого есть детальное описание, полезные заключения о землетрясении эксперты могут получить из соответствующего анализа.

Связь уровня сейсмостойкости (УСС) и класса уязвимости здания

Первый подход связан с определением баллов интенсивности в таблице 2.

В принятом построении уровней сейсмостойкости и классификацией конструктивной уязвимости принято много идеализации и условностей, в связи с чем между ними существует внутренняя связь, в частности, УСС=7 сопоставим с классом уязвимости С, УСС=8 сопоставим с классами уязвимости С и D, УСС=9 сопоставим с классами уязвимости D и E.

Второй подход связан с имеющимися результатами обследования поврежденных зданий. Такие результаты собраны и преобразованы в таблице К-2. В этой таблице в характеристику уязвимости условно включены средний уровень регулярности и низкий уровень качества.

Соответствующие описания для других условий применения шкалы (т.е. других уровней регулярности и/или качества) можно получить по схеме, приведенной в таблице К-2. Таблица К-2 дает информацию о величине степеней повреждения для различных баллов интенсивности. Эти, или подобные, более представительные описания могут использоваться для калибровки шкалы, заменив пробные определения.

Заметим также, что таблица 2 стандарта предназначена, прежде всего, для определения интенсивности I_{ms} , в то время как таблица К-2 нужна для оценки и анализа сейсмического риска. В связи с этим, в таблице К-2 наблюдаемых эффектов больше, чем в таблице 2, т. е. признаки 2-го и 3-го ранга в ней добавляются.

Интенсивность	Класс уязвимости	УСС	Степень повреждений				
I	A						
	B						
	C	~ 7					
	D	~ 8					
	E	~ 9					
	F₁						
	F₂						
II	A						
	B						
	C	~ 7					
	D	~ 8					
	E	~ 9					
	F1						
	F2						

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

III	V A						
	B						
	C	~ 7					
	D	~ 8					
	E	~ 9					
	F₁						
	F₂						
X	I A						
	B						
	C	~ 7					
	D	~ 8					
	E	~ 9					
	F₁						
	F₂						
	A						

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

X	B						
	C	~ 7					
	D	~ 8					
	E	~ 9					
	F₁						
	F₂						



многие



некоторые



отдельные

Таблица К-2. Повреждаемость зданий различной уязвимости при землетрясениях I_{ms} от VI до X

Учет регулярности и качества зданий

В отличие от EMS-98 конструктивная регулярность и качество зданий учитываются при определении класса сейсмической уязвимости этих зданий. Это должно выполняться при обследовании конкретных зданий с помощью экспертных методов, описываемых в методическом пособии по паспортизации застройки сейсмически активных территорий и в методике инженерного обследования последствий землетрясения. Что касается учета этих факторов для решения общих задач, поименованных в п. 1 (в, г) стандарта, то в случае, когда паспортизация и обследование конкретных зданий отсутствуют, предполагается, что в оценках уязвимости принята регулярность среднего уровня R_m , а качество зданий – низкое Q_l (см. таблицу К-2).

Краткие примеры для использования

Пример № 1

Здания, построенные без антисейсмических мероприятий.

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

В городе, поврежденном после землетрясения, 40 % зданий из неармированного кирпича с железобетонными сердечниками получили повреждения степени 3.

Первый вопрос, на который следует ответить, состоит в определении класса уязвимости зданий, используемых для определения интенсивности. Здания хорошего качества, регулярности и постройки. Поэтому их класс уязвимости можно считать С.

Следуя определениям интенсивностей, данными в таблице 2, можно принять интенсивность IX.

Пример № 2

В городе, поврежденном землетрясением, 30 % типовых жилых зданий, запроектированных по линейно-спектральной теории на расчетную сейсмичность 8 баллов, получили повреждения уровня 2; а 5 % таких же зданий получили повреждения уровня 3. Предварительная паспортизация застройки в городе не выполнялась и территориальный каталог уязвимости зданий массовой застройки отсутствует.

В соответствии с картой А ОСР-97 и СНиП II-7-81* город находится в зоне проектной интенсивности (расчетной сейсмичности) VIII. Хотя инженерное обследование этих зданий после землетрясения еще не выполнено, эксперт знает, что в этих типовых зданиях можно принять средний уровень регулярности, хороший уровень проектирования, но низкий уровень качества строительно-монтажных работ. В то же время существенных различий между проектными сейсмическими нагрузками и характеристиками сильного движения грунта при реальном землетрясении нет, т. е. это землетрясение полностью соответствует принятой расчетной сейсмичности.

Как указывалось выше, расчетная сейсмичность 8 баллов сопоставима с классами уязвимости С и D (для средней регулярности и низкого качества строительства). Исходя из этого, в соответствии с баллами интенсивности в таблице 2, наиболее вероятная интенсивность равна VIII (в действительности следует учитывать не только повреждения зданий, но также другие диагностические методы, входящие в определения интенсивности в пунктах а и б). Остается вопрос, какой же класс интенсивности будет правильным присвоить пострадавшим зданиям? В данном случае эксперту достаточно взглянуть на это здание (визуальная оценка уровня сейсмостойкости - ВИЗУСС). И, если его впечатление от этого здания не будет угнетающим, то он может присвоить ему уязвимость класса D.

Ограничения при использовании интенсивности

Высокие здания и другие особые случаи

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

- В некоторых случаях не может рекомендоваться пытаться использовать конкретные данные для определения интенсивности. Особым случаем являются наблюдения с высоких зданий. Хорошо известно, что люди на верхних этажах будут иметь при землетрясении более сильные ощущения, чем на нижних. Предлагались различные методы типа снижения полученного значения интенсивности на единицу на каждые столько-то этажей, но они не получали признания. Кроме того, поскольку очень высокие здания (более 40 м) могут при нагрузках землетрясения вести себя особым образом в зависимости от спектра воздействия и конструкции здания, увеличение силы сотрясений с этажами может быть нерегулярным. Рекомендуется при определении интенсивности отвергать все сообщения от наблюдателей выше пятого этажа; хотя на практике действительное поведение отдельных зданий будет заметно изменяться, особенно оно зависит от гибкости здания. В общем, пользователь должен обращать больше внимания на эффекты, наблюдаемые при нормальных обстоятельствах, а не в исключительных случаях.
- Так же, как и высота зданий, их симметричность и регулярность влияют на класс их уязвимости и поведение при землетрясении. Это особенно справедливо по отношению к повреждениям и влияет на повреждаемость всех типов построек, а не только на сооружения современной конструкции. Влияние ассиметрии и нерегулярности на инженерные сооружения рассматривается отдельно в разделе
- Наблюдения специальных сооружений типа маяков, радиомачт и т. п., использовать не следует. Данные о подземных сооружениях также нелегко сопоставить с наблюдениями, сделанными на поверхности, и их тоже использовать не следует.

Влияние грунтовых условий

Не следует отвергать или снижать присваиваемую интенсивность на основании влияния грунтовых условий. Увеличение сотрясений из-за усиления грунтом или топографическими условиями является частью угрозы, которой подвергается застройка, и оно не должно отметаться. Если, например, есть сообщения об аномально сильных эффектах в аллювиальных зонах, удаленных от других зон, где наблюдались сильные эффекты, правильным будет назначить высокие интенсивности, измеренные по эффектам. Эти высокие интенсивности можно даже интерпретировать, как следствие резонансного усиления грунтом (хотя, конечно, это может быть только одной из ряда совместно действующих причин).

Неверные заключения

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

Из статистической природы интенсивности следует, что ни один конкретный эффект не достоверен. Это важно чаще при попытке получить отрицательное, а не положительное заключение. Например, существование нескольких старинных высоких колоколен в конкретном районе можно использовать для предположения, что общая подверженность района землетрясениям мала, однако было бы неразумным делать заключение из наличия единственной колокольни, что такое-то значение интенсивности никогда не было превышено за время ее существования.

Наблюдаемые и экстраполированные интенсивности

Интенсивность, как она описывается в разделах 5 и 6 стандарта, относится полностью к параметру, получаемому на основе данных наблюдений. Необходимо отметить, что иногда значения интенсивностей могут быть получены не из наблюдений на месте, а путем экстраполяции и интерполяции данных из других мест. Это наиболее часто встречается в каталогах, составители которых экстраполировали данные наблюдений для вычисления предполагаемой интенсивности непосредственно в эпицентре землетрясения. Обсуждение такой практики выходит за рамки настоящих комментариев, но будет полезным, если все интенсивности, полученные не прямо из реальных наблюдений, были бы явно отмечены как таковые.

Воздействие на окружающую природную среду

- Считается, что недостаточно свидетельств для установления хорошей корреляции между интенсивностью землетрясения и его воздействием на окружающую природную среду. Некоторые общие соображения об ограниченном использовании, возможном для таких эффектов, как изменение воды в колодцах, трещины в земле, оползни или падения скал, представлены в таблице 2 и комментируются ниже.
- Как правило, воздействия на природу следует использовать с осторожностью и вместе с другими эффектами. Данные, состоящие исключительно из воздействий на природу обычно не следует использовать для определения интенсивности. Такие данные могут быть использованы для проверки интенсивностей, полученных другими методами. Это означает, что всегда есть проблема оценки интенсивности в необитаемой местности; в лучшем случае можно дать диапазон интенсивности. Это неприятно, но лучше принять такое ограничение, чем определить интенсивность слишком недостоверно, чтобы ею можно было бы пользоваться.

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

- Следует осторожно подходить к местоположению эффектов такого рода; они могут происходить в местности, достаточно удаленной от ближайшего города, к которому они могут быть привязаны неточным сообщением.
- Крайне желательно, чтобы исходная информация о природных эффектах удовлетворяла нижеследующим требованиям.
- Следует находить количественное описание природных явлений с указанием длины и ширины трещин, протяженности разрывов и амплитуд смещений по ним, объемов склоновых смещений и степени оползневой пораженности территории. Необходимо указывать площадь массового распространения трещин, оползней, обвалов, сейсмодислокаций, связанных с разжижением грунтов, а также размеры территории, на которой проявляются тектонические площадные деформации (поднятия-опускания), так как этот параметр является одним из определяющих при оценке интенсивности землетрясений, превышающей IX баллов.
- При назначении интенсивности по сведениям о природных явлениях на поверхности Земли, следует рассматривать их в комплексе и с учетом имеющейся информации о геолого-геоморфологических и гидрогеологических условиях местности.

Об оценке соответствия и дальнейшем развитии шкалы

- Понимая природу макросейсмической интенсивности, казалось бы, вряд ли следует организовывать какую-либо сертификацию макросейсмических оценок и назначать какой-либо стандарт соответствия при назначении интенсивности. Однако признание того, что мы стали использовать неравнозначные объекты-сенсоры, наблюдаемые эффекты и другие аспекты стандартизации дает возможность лучше оценивать собранный информационный макросейсмический материал, эффективность его использования и, наконец, понимать качество получаемого результата, т. е. назначенного значения макросейсмической интенсивности. Такая возможность, в отличие от предыдущих шкал, является новой и появляется вследствие введения различных рангов надежности, которые придаются всем аспектам стандартизации. Как следствие сказанного, оценка надежности процедуры назначения интенсивности является, скорее, рекомендательной, чем обязательной, исходящей из естественного но весьма важного пожелания, чтобы эксперт в любой момент своей работы по анализу наблюдаемой информации и назначению I_{ms} хорошо ощущал состояние изучаемого вопроса.

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

Формула вычисления коэффициента надежности значения (балла) интенсивности, приведенная в п. 7.2, не претендует на единственность. Могут быть предложены и другие аналогичные формулы, учитывающие удельные веса использованных для назначения интенсивности аспектов разного ранга надежности. Требуется только, чтобы эта формула была унифицирована и затем стандартизирована на национальном, а затем региональном, европейском и международном уровне.

- Макросейсмическая шкала по мере своего развития имеет тенденцию становиться все более глобальной, чему способствует стремление к накоплению все большего опыта и знаний, получаемых в результате новых и новых землетрясений. Идея международной макросейсмической шкалы была официально высказана авторами MSK в начале 80-х гг. прошлого века, ее создание в недалеком будущем обеспечивается стабильностью базовой философии и концепции макросейсмической шкалы, а также соблюдением принципа преемственности. Разработку EMS-98 можно рассматривать как шаг на пути к глобальной макросейсмической шкале, а настоящий стандарт, надеемся, станет следующим шагом в этом направлении. Что касается инструментальной сейсмической шкалы, то ее развитие базируется на прямо противоположной тенденции: благодаря накоплению разнообразных инструментальных данных о произошедших в различных местах земного шара землетрясениях (в т. ч. малой интенсивности), мы все лучше знаем и понимаем влияние местных особенностей на интенсивность сейсмических событий. Таким образом, тенденцией будущего развития инструментальной шкалы является локализация. Вот почему макросейсмическая и инструментальная интенсивности не следует стараться совместить в единой оценке. Макросейсмическая и инструментальная интенсивности могут и должны достаточно длительное время сосуществовать для того, чтобы глубже изучить и точнее объяснить имеющиеся, возможно, расхождения их значений. При этом нельзя забывать, что, в отличие от макросейсмической интенсивности, инструментальная существует в конкретной точке, где она замерена, а не принадлежит некоторой ограниченной, но достаточно большой территории. Увеличение плотности сейсмологических и инженерно-сейсмометрических наблюдений способствует улучшению сходимости макросейсмических и инструментальных оценок. Это особенно важно на территории России, где сбор и систематизация сейсмометрических данных сравнительно недавно объединены в геофизической службе РАН, а сеть инженерно-сейсмометрических наблюдений на зданиях массовой застройки и ответственных сооружениях практически полностью разрушена и даже не планируется пока к воссозданию и модернизации.

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

Именно путем одновременного использования развивающейся глобально макросейсмической шкалы и развивающейся в сторону локализации и уточнения инструментальной шкалы, предполагается дальнейшее соотношение и использование макросейсмических и инструментальных данных.

Обе оценки должны существовать независимо, и не следует заставлять их увязываться и совпадать путем насильной взаимной коррекции. В этом случае их различная природа лучше видна и более понятна, в т. ч. для последующего использования. Именно существуя независимо, расхождения в оценках заставляют изучать их причины. Особенно это важно в России, где собственная инструментальная база очень мала, а региональные особенности (Тихий океан, Байкал, Кавказ) существенно различаются.

Сказанное объясняет, почему представляется целесообразным, разработав вначале российский стандарт шкалы, предложить эту шкалу на региональном, а затем на европейском и глобальном уровне. Использование глобальной базы данных в качестве аспектов-аналогов позволит каждому региону, каждой стране, принявшей глобальный стандарт на своем уровне, существенно улучшить понимание и назначение макросейсмической интенсивности.

- Для улучшения использования людей в качестве сенсоров представляется очень важным существенно развить изучение медико-психологических аспектов реакции человека на землетрясения и его поведение во время и после сейсмических событий разной интенсивности. В этой проблеме есть множество важных вопросов, среди которых и массовая «сейсмофобия» (термин, который появился после землетрясения 1971 г. в Петропавловске-Камчатском, когда наблюдались массовые беспричинные травмы, всплеск рецидивов у хронически больных и др.), оцепенение, шоковые (в т. ч. со смертельным исходом) состояния людей, находящихся в неповрежденных зданиях, возникновение и распространение паники, потеря памяти и др.

При этом нельзя забывать (и это главное!), что человек, прежде всего, – жертва землетрясения и конечной задачей является смягчение сейсмических бедствий, уменьшение страданий людей, т. е. снижение «уязвимости населения». Что касается одинакового формализованного использования человека и строительных сооружений как объектов-сенсоров, то, очевидно, имеет полный смысл в дальнейшем развивать начатую с терминов «уязвимость населения» и «уязвимость застройки» аналогию на обследование и диагностику человека и зданий, систему оценки и мониторинга их состояния (здоровья), на их физическое и эксплуатационное состояния, на их лечение (ремонты). Однако при всем при этом никогда не надо забывать разницы между построенным и по одинаковым современным технологиям зданиям и людьми,

Раздел 20 Предлагаемый проект шкалы интенсивности землетрясений

многообразие и неизученность которых вряд ли позволит им стать когда-нибудь высоконадежными объектами-сенсорами. Скорее всего, более надежными помощниками в этом вопросе станут улучшенные, благодаря компьютеризации и робототехнике, специальные приборы, тестирующая аппаратура и др.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3. ВЫВОДЫ

Рассмотрев два варианта проекта сейсмической шкалы, Рабочая группа отдала предпочтение первому варианту как более традиционному. Для практического применения второго варианта, во-первых, отсутствуют подготовленные кадры, и во-вторых, для большинства зданий оценки уязвимости пока отсутствуют. В то же время оба варианта (после введения количественной характеристики сейсмостойкости) эквивалентны. Вполне возможно построение таблицы соотношения сейсмостойкости и уязвимости объектов.

В рекомендуемый вариант вошли практически все основные положения второго варианта.

Составлен проект нового варианта сейсмической шкалы, баллы которой тождественны баллам шкалы MSK-64. Процедура оценок эффекта землетрясения и обработки полученных данных существенно улучшена и представляет собой стройный алгоритм, обеспечивающий высокую воспроизводимость оценок и гарантирующий независимость от эмоционального состояния наблюдателя. Апробация основных положений шкалы производилась при инженерном обследовании землетрясений в Спитаке, Дагестане, на Сахалине и некоторых землетрясений в других странах.

Шкала допускает определение интенсивности землетрясений по значительно расширенному кругу объектов при различной обеспеченности данными.

Шкала также создает основу для оценки возможного уровня воздействий будущих землетрясений заданной балльности.

Шкала содержит инструментальную часть, в которой осуществляется переход от сейсмической интенсивности к пиковым амплитудам ускорений, скоростей, смещений, мощности колебаний грунта, энергии. Оценено влияние продолжительности колебаний на сейсмическую интенсивность.

За полвека количество записей сильных движений резко увеличилось, причем полученных не только в США, Это позволило существенно повысить точность инструментальной шкалы и оценить величину стандартных отклонений.

Корреляция инструментальных данных о параметрах сейсмического движения грунта с повреждаемостью зданий показала, что модели зданий, основанные на учете инерционных сил, уступают по точности энергетическим моделям.

Намечены пути дальнейшего совершенствования шкалы.

В процессе работы высказано мнение о необходимости разделения документа на две части и представить инструментальную часть в виде отдельной шкалы.