

Сәулет, қала құрылысы және құрылыс  
саласындағы мемлекеттік нормативтер  
**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ**  
**НОРМАТИВТІК-ТЕХНИКАЛЫҚ ҚҰРАЛЫ**

Государственные нормативы в области  
архитектуры, градостроительства и строительства  
**НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ**  
**РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН**

**СЕЙСМИКАҒА ТӨЗІМДІ ҒИМАРАТТАР МЕН**  
**ИМАРАТТАРДЫ ЖОБАЛАУ**  
**Жалпы ережелер. Сейсмикалық әсер ету бөлімі**

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ СЕЙСМОСТОЙКИХ**  
**ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ**  
**Часть. Общие положения.**  
**Сейсмические воздействия**

**ҚР НТҚ 08-01.1-2012**  
**(ҚР ЕЖ EN 1998-1:2004/2012)**  
**НТП РК 08-01.1-2012**  
**(к СП РК EN 1998-1:2004/2012)**

Ресми басылым  
Издание официальное

Қазақстан Республикасы Ұлттық экономика министрлігінің  
Құрылыс, тұрғын үй-коммуналдық шаруашылық істері және жер  
ресурстарын басқару комитеті

Комитет по делам строительства, жилищно-коммунального  
хозяйства и управления земельными ресурсами  
Министерства национальной экономики Республики Казахстан

Астана 2015

## АЛҒЫ СӨЗ

- 1 **ӘЗІРЛЕГЕН:** «ҚазҚСҒЗИ» АҚ
- 2 **ҰСЫНҒАН:** Қазақстан Республикасы Ұлттық экономика министрлігінің Құрылыс, тұрғын үй-коммуналдық шаруашылық істері және жер ресурстарын басқару комитетінің Техникалық реттеу және нормалау басқармасы
- 3 **БЕКІТІЛІП,  
ҚОЛДАНЫСҚА  
ЕНГІЗІЛДІ:** Қазақстан Республикасы Ұлттық экономика министрлігінің Құрылыс, тұрғын үй-коммуналдық шаруашылық істері және жер ресурстарын басқару комитетінің 2014 жылғы 29-желтоқсандағы № 156-НҚ бұйрығымен 2015 жылғы 1-шілдеден бастап
- 4 **ЕНГІЗІЛДІ:**

## ПРЕДИСЛОВИЕ

- 1 **РАЗРАБОТАН:** АО «КазНИИСА»
- 2 **ПРЕДСТАВЛЕН:** Управлением технического регулирования и нормирования Комитета по делам строительства, жилищно-коммунального хозяйства и управления земельными ресурсами Министерства национальной экономики Республики Казахстан
- 3 **ПРИНЯТ И ВВЕДЕН  
В ДЕЙСТВИЕ:** Приказом Комитета по делам строительства, жилищно-коммунального хозяйства и управления земельными ресурсами Министерства Национальной экономики Республики Казахстан от 29.12.2014 № 156-НҚ с 1 июля 2015 года
- 4 **ВВЕДЕН:**

Осы мемлекеттік нормативті Қазақстан Республикасының сәулет, қала құрылысы және құрылыс істері жөніндегі уәкілетті мемлекеттік органының рұқсатынсыз ресми басылым ретінде толық немесе ішінара қайта басуға, көбейтуге және таратуға болмайды

Настоящий государственный норматив не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения уполномоченного государственного органа по делам архитектуры, градостроительства и строительства Республики Казахстан

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	V
1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ .....	1
1.1 Область применения .....	1
1.2 Цель СП РК EN 1998 и настоящего Пособия.....	2
1.3 Условия применения.....	3
1.4 Нормативные ссылки.....	6
1.5 Термины и определения .....	7
1.5.1 Общие термины .....	7
1.5.2 Термины, связанные с воздействиями.....	9
1.5.3 Термины, связанные с расчетом строительных конструкций.....	10
1.5.4 Дополнительные термины, применяемые в СП РК EN 1998 и Пособии .....	11
1.5.5 Дополнительные термины, принятые в настоящем Пособии.....	11
1.6 Символы и условные обозначения.....	14
1.6.1 Общие символы .....	14
1.6.2 Дополнительные символы, используемые в Разделах 2 и 3 СП РК EN 1998-1: 2004/2012 и в настоящем нормативно-техническом Пособии .....	15
1.6.3 Дополнительные символы, используемые в настоящем Пособии.....	16
1.7 Международная система единиц СИ .....	16
2 ТРЕБОВАНИЯ К ХАРАКТЕРИСТИКАМ И КРИТЕРИИ СООТВЕТСТВИЯ .....	17
2.1 Основные требования .....	17
. Примеры к подразделу 2.1. Определение референтных периодов повторяемости сейсмических воздействий для зданий и сооружений при разных значениях TL и PR.....	19
2.2 Критерии соответствия.....	20
2.2.1 Общие сведения .....	20
2.2.2 Критическое предельное состояние .....	22
2.2.3 Предельное состояние по ограничению ущерба .....	23
2.2.4 Специальные мероприятия .....	24
2.2.4.1 Проектирование.....	24
2.2.4.2 Фундаменты.....	25
2.2.4.3 Система обеспечения качества .....	26
3 СЕЙСМИЧЕСКИЕ ЗОНЫ. ГРУНТОВЫЕ УСЛОВИЯ И СЕЙСМИЧЕСКАЯ ОПАСНОСТЬ ПЛОЩАДОК СТРОИТЕЛЬСТВА .....	26
3.1 Общие сведения .....	27
3.2 Сейсмические зоны.....	27
3.3 Грунтовые условия площадок строительства .....	28
3.3.1 Общие положения.....	28
3.3.2 Типы грунтовых условий по сейсмическим свойствам .....	29

3.4 Сейсмическая опасность площадок строительства. Выбор площадок для · строительства.....	32
Примеры к Подразделу 3.3. Определение типа грунтовых условий строительных · площадок по скоростям распространения поперечных волн .....	34
4 СЕЙСМИЧЕСКИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ .....	36
4.1 Определение расчетного значения ускорения .....	36
Примеры к Подразделу 4.1. Определение расчетных значений ускорений грунта ....	37
4.2 Базовое представление сейсмического воздействия.....	38
4.2.1 Общие сведения .....	38
4.2.2 Спектр упругих реакций для горизонтальных компонент сейсмического · воздействия.....	39
Примеры к Подразделу 4.2.2. Определение параметров спектров реакций · для горизонтальных компонент сейсмического воздействия. ....	42
4.2.3 Спектр упругих реакций для вертикальной компоненты сейсмического · воздействия.....	47
Примеры к Подразделу 4.2.3. Определение параметров спектров реакций · для вертикальной компоненты сейсмического воздействия.....	49
4.2.4 Расчетные перемещения и скорости грунта.....	50
4.2.5 Расчетные спектры для упругого анализа.....	51
Примеры к Подразделу 4.2.5. Определение расчетных спектров.....	53
4.3 Альтернативные представления сейсмического воздействия .....	57
4.3.1 Представление сейсмического воздействия во временном виде.....	57
4.3.1.1 Общие сведения .....	57
4.3.1.2 Искусственные акселерограммы .....	59
4.3.1.3 Инструментальные акселерограммы.....	60
4.3.1.4 Синтезированные акселерограммы.....	61
4.3.2 Пространственная модель сейсмического воздействия.....	62
4.4 Комбинации сейсмических воздействий с другими воздействиями.....	62
Приложение А ( <i>информационное</i> ) Построение искусственных акселерограмм по · заданным спектрам реакций .....	64
Примеры построения искусственных акселерограмм .....	65
Приложение Б ( <i>информационное</i> ) Рекомендации по формированию комплекта · инструментальных акселерограмм, применяемых для · расчета зданий и сооружений.....	73
Пример формирования комплекта инструментально зарегистрированных акселерограмм .....	74
Библиография.....	81

## ВВЕДЕНИЕ

Настоящее нормативно-техническое Пособие (НТП) подготовлено Республиканским Государственным Предприятием «Казахский научно-исследовательский и проектно-экспериментальный институт сейсмостойкого строительства и архитектуры» (РГП «КазНИИССА»).

Настоящее нормативно-техническое Пособие содержит:

- Принципы и Правила проектирования зданий и сооружений в сейсмических зонах, приведенные в Разделах 1–3 СП РК EN 1998-1:2004/2012 и включенные в состав настоящего нормативно-технического Пособия без изменений;
- дополнительные положения, развивающие Правила проектирования зданий и сооружений в сейсмических зонах, приведенные в Разделах 1–3 СП РК EN 1998-1:2004/2012;
- альтернативные положения, не противоречащие Принципам проектирования зданий и сооружений в сейсмических зонах, приведенным в Разделах 1–3 СП РК EN 1998-1:2004/2012;
- информационные Приложения А и Б;
- примеры, иллюстрирующие практическое применение положений Разделов 1–3 СП РК EN 1998-1:2004/2012 при проектировании.

При разработке настоящего нормативно-технического Пособия, помимо положений, содержащихся в Разделах 1–3 СП РК EN 1998-1:2004/2012, были учтены соответствующие положения:

- из других Разделов СП РК EN 1998-1:2004/2012 и других частей СП РК EN 1998;
- других СП РК EN;
- современных нормативных документов Республики Казахстан и других стран;
- основанные на апробированных результатах исследований, выполненных РГП «КазНИИССА» и зарубежными организациями, специализирующимися в области сейсмостойкого строительства.

Номера пунктов Разделов 1, 2 и 3 СП РК EN 1998-1:2004/2012, текст которых идентичен пунктам настоящего Пособия, указаны в квадратных скобках рядом с номерами пунктов Пособия.

Номера пунктов Разделов 1, 2 и 3 СП РК EN 1998-1:2004/2012, текст которых частично использован в пунктах настоящего Пособия, указаны в квадратных скобках в конце соответствующего текста пунктов Пособия.

Номера пунктов других СП РК EN, в том числе и других Разделов СП РК EN 1998-1:2004/2012, на которые сделаны ссылки в настоящем Пособии, указаны в тексте соответствующих пунктов Пособия там, где они используются.

Настоящее нормативно-техническое Пособие предназначено для инженерно-технических работников проектных организаций, научных работников, заказчиков проектной продукции, преподавателей и студентов высших учебных заведений.

Настоящее нормативно-техническое Пособия вводится в действие для применения на добровольной основе в качестве нормативного документа Республики Казахстан.

ДЛЯ ЗАМЕТОК

---





ҚАЗАХСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ НОРМАТИВТІК-ТЕХНИКАЛЫҚ ҚҰРАЛЫ  
НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СЕЙСМОСТОЙКИХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ.  
ЧАСТЬ. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ. СЕЙСМИЧЕСКИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ  
DESIGN OF BUILDINGS AND STRUCTURES FOR EARTHQUAKE RESISTANCE.  
PART. GENERAL RULES. SEISMIC ACTIONS

Дата введения 2015-07-01

## 1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

### 1.1 Область применения

1.1.1 Настоящее нормативно-техническое Пособие (далее – Пособие или НТП) составлено в развитие СП РК EN 1998-1:2004/2012 «Проектирование сейсмостойких конструкций. Часть 1. Общие правила, сейсмические воздействия и правила для зданий» и предназначено для применения при проектировании и строительстве зданий и сооружений в сейсмических зонах.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Словосочетание «здания и сооружения» в настоящем Пособии понимается как «здания и другие инженерные сооружения». В некоторых случаях вместо словосочетания «здания и сооружения» используется термин «строение».

1.1.2 Настоящее Пособие предназначено для применения:

- заказчиками проектной документации (например, для формулирования основных требований к сейсмостойкости зданий и сооружений);
- специалистами, осуществляющими проектирование зданий и сооружений;
- специалистами, осуществляющими контроль качества проектирования и строительства зданий и сооружений;
- соответствующими административными органами;
- научными работниками, преподавателями и студентами высших учебных заведений.

1.1.3 Положения настоящего Пособия следует соблюдать при проектировании и строительстве зданий и сооружений, соответствующих Принципам и Правилам, приведенным в следующих Разделах СП РК EN 1998-1:2004/2012:

- Раздел 1. «Общие положения»;
- Раздел 2. «Требования к характеристикам и критерии соответствия»;
- Раздел 3. «Грунтовые условия и сейсмические воздействия».

**ПРИМЕЧАНИЕ** Принципы и Правила, содержащиеся в СП РК EN 1998, подразделяются на общие и специальные.

Принципы и Правила, приведенные в Разделах 1–3 СП РК EN 1998-1:2004/2012 и в настоящем Пособии, являются общими для зданий и сооружений в отношении требований к их характеристикам, критериям соответствия и параметрам учитываемых сейсмических воздействий.

## **НТП РК 08-01.1-2012**

Принципы и Правила, приведенные в Разделе 4 СП РК EN 1998-1:2004/2012 и в НТП РК 08-01.2-2012, являются общими для зданий в отношении выбора их конструктивно-планировочных решений, построения расчетных моделей и определения расчетных сейсмических нагрузок.

Специальные Принципы и Правила проектирования зданий и сооружений в сейсмических зонах, дополняющие общие Принципы и Правила, приведены:

а) для новых зданий с разными типами конструкций по виду материала (железобетонными, стальными, сталежелезобетонными, из дерева и каменной кладки), а также для зданий с сейсмоизолирующими фундаментами – в Разделах 5–10 СП РК EN 1998-1:2004/2012 и в соответствующих Пособиях к указанным Разделам;

б) для инженерных сооружений (мостов, башен, мачт, резервуаров, трубопроводов и других) – в СП РК EN 1998-2:2005, СП РК EN 1998-4:2006, СП РК EN 1998-6:2005 и в соответствующих Пособиях к этим Частям СП РК EN 1998;

в) для фундаментов и подпорных сооружений – в СП РК EN 1998-5:2004/ и в соответствующем Пособии к этой Части СП РК EN 1998;

г) для зданий существующей застройки, подлежащих восстановлению, усилению, ремонту или реконструкции – в СП РК EN 1998-3:2005.

1.1.4 СП РК EN 1998 и настоящее Пособие содержат только те положения, которые должны соблюдаться при проектировании зданий и сооружений в сейсмических зонах. В этом отношении СП РК EN 1998 и настоящее Пособие дополняют другие СП РК EN и Пособия к ним [1.1.1(3)P].

1.1.5 Положения настоящего Пособия не распространяются:

а) на специальные сооружения, например, атомные установки, морские платформы, крупные дамбы [1.1.1(2)P];

б) на здания и сооружения, расположенные в зонах возможного проявления тектонических разломов на дневной поверхности;

в) на здания и сооружения, расположенные на площадках, для которых пиковые ускорения сейсмических движений грунта, определенные с учетом типа грунтовых условий, превышают  $0,6g$ ;

г) на здания и сооружения, расположенные на площадках с грунтовыми отложениями, содержащими слой мощностью более 10 м, в пределах которого скорости распространения поперечных волн,  $v_{30}$ , составляют менее 100 м/с;

д) на здания и сооружения, расположенные на площадках с грунтовыми отложениями, способными к разжижению.

## **1.2 Цель СП РК EN 1998 и настоящего Пособия**

1.2.1 [1.1.1(1)P] Цель СП РК EN 1998 и настоящего Пособия – обеспечить, чтобы в случае землетрясений:

- жизни людей были защищены;
- ущерб ограничен;
- сооружения, важные для защиты населения после сейсмических событий, сохранили свои эксплуатационные качества.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Стратегия обеспечения безопасности людей и смягчения последствий сейсмических событий, принятая в СП РК EN 1998, основывается на отказе от детерминистских оценок сейсмической опасности и сейсмического риска и предусматривает переход к вероятностным оценкам, базирующимся на результатах статистического анализа.

Случайный характер сейсмических событий и ограниченные возможности противодействия их последствиям делают достижение вышеуказанной цели осуществимым лишь частично и измеримым лишь в вероятностном смысле. Степень защиты, которая может быть обеспечена для различных категорий зданий и сооружений и оценена в вероятностном смысле, связана с проблемой оптимального распределения имеющихся ресурсов и значимости сейсмических рисков по отношению к рискам другой природы.

### **1.3 Условия применения**

1.3.1 Настоящее Пособие должно применяться совместно с Пособиями к Разделам 4–9 СП РК EN 1998-1:2004/2012 или, при отсутствии соответствующих Пособий к некоторым Разделам, совместно с СП РК EN 1998-1:2004/2012.

1.3.2 Цель проектирования, оговоренная в 1.2.1 настоящего Пособия, достигается соблюдением общих условий, изложенных в 1.3(2) СП РК EN 1990:2002+A1:2005/2011, и предпосылки, приведенной в 1.3(2)Р СП РК EN 1998-1:2004/2012.

1.3.3 К общим условиям, приведенным в 1.3(2) СП РК EN 1990:2002+A1:2005/2011, относятся следующие:

- выбор конструктивной системы и расчет строения производятся опытными, квалифицированными специалистами;
- строительство осуществляется персоналом, имеющим соответствующие навыки и опыт;
- надзор и контроль качества осуществляется на всех этапах проектирования и строительства, включая изготовление конструкций в заводских условиях и на площадке;
- применяемые строительные материалы и изделия соответствуют требованиям СП РК EN 1991 – СП РК EN 1999, или находятся в соответствии с требованиями соответствующих стандартов на производство работ, материалы и изделия;
- здание или сооружение поддерживается в исправном состоянии надлежащим образом;
- здание или сооружение используется по назначению, соответствующему проектной документации.

1.3.4 В соответствии с предпосылкой, приведенной в 1.3.(2)Р СП РК EN 1998-1:2004/2012, в ходе строительства и при последующей эксплуатации сооружения в нем не должны производиться какие-либо изменения, за исключением случаев, когда такие изменения надлежащим образом обоснованы и проверены.

Из-за специфической природы реакций сооружений на сейсмические воздействия эта предпосылка применяется также в отношении изменений, приводящих к увеличению сопротивляемости сооружений.

1.3.5 Настоящее Пособие, наряду с Принципами и Правилами, приведенными в Разделах 1–3 СП РК EN 1998-1:2004/2012, содержит:

- а) национально определенные параметры, необходимые для проектирования зданий и сооружений в сейсмических зонах Республики Казахстан;

## НТП РК 08-01.1-2012

б) дополнительные Правила, развивающие Принципы и Правила, приведенные в Разделах 1–3 СП РК EN 1998-1:2004/2012;

в) альтернативные Правила, принятые взамен некоторых Правил, приведенных в Разделах 1–3 СП РК EN 1998-1:2004/2012.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Дополнительные и альтернативные Правила, оговоренные в б) и в), базируются на результатах специальных исследований, соответствуют Принципам СП РК EN 1998-1:2004/2012 и, как минимум, равнозначны положениям СП РК EN 1998-1:2004/2012 в части обеспечения антисейсмической надежности проектируемых зданий и сооружений.

Номера пунктов настоящего Пособия, содержащих альтернативные Правила или Выражения, которые следует применять взамен Правил и Выражений СП РК EN 1998-1:2004/2012, указаны в Таблице 1.1.

**Таблица 1.1 – Пункты Пособия с альтернативными Правилами и Выражениями, которые следует применять взамен Правил и Выражений СП РК EN 1998-1:2004/2012**

<b>Пункты СП РК EN 1998-1:2004/2012</b>	<b>Пункты Пособия</b>
2.1(1)Р	2.1.2
3.1.2(1) Таблица 3.1	3.3.2.1 Таблица 3.1
3.2.1(3)	4.1.1 и 4.1.2
3.2.2.1(6)	4.1.5
3.2.2.2(1)Р	4.2.2.1
3.2.2.2(2)Р	4.2.2.2
3.2.2.2(3)	4.2.2.3
3.2.2.2(6)	4.2.2.6
3.2.2.3(1)Р	4.2.3.1
3.2.2.4(1)	4.2.4.1
3.2.2.5(4)Р	4.2.5.4
3.2.2.5(5)	4.2.5.5

1.3.6 Альтернативные правила расчета и конструирования, отличающиеся от Правил, приведенных в Разделах 1–3 СП РК EN 1998-1:2004/2012 и в настоящем Пособии, допускается применять только при наличии доказательств их полного соответствия Принципам, приведенным в Разделах 1–3 СП РК EN 1998-1:2004/2012.

Эти доказательства должны базироваться на признанных научных положениях, апробированных технических решениях и обеспечивать зданиям и сооружениям антисейсмическую надежность, как минимум, равнозначную, предусмотренной в Разделах 1-3 СП РК EN 1998-1:2004/2012 и в настоящем Пособии.

**ПРИМЕЧАНИЕ 1** Альтернативные правила, отличающиеся от правил настоящего Пособия, могут применяться только по согласованию с Заказчиком и с организацией, аккредитованной уполномоченным государственным органом по делам архитектуры, градостроительства и строительства Республики Казахстан.

**ПРИМЕЧАНИЕ 2** Следует учитывать, что если проекты зданий или сооружений выполнены с применением правил, отличающихся от Правил СП РК EN 1998-1:2004/2012, то эти проекты, даже если они соответствуют Принципам СП РК EN 1998-1:2004/2012, не могут рассматриваться как полностью соответствующие требованиям Еврокодов (см. 1.4(5) СП РК EN 1990:2002+A1: 2005/2011).

1.3.7 Проектирование зданий, сооружений и конструкций, специальные требования к которым не оговорены в СП РК EN 1998 и в настоящем Пособии, следует осуществлять на основании специальных технических условий на проектирование, базирующихся на результатах соответствующих исследований.

Специальные технические условия следует разрабатывать с привлечением научно-исследовательских и/или специализированных проектных организаций, аккредитованных уполномоченным государственным органом по делам архитектуры, градостроительства и строительства. Разработанные специальные технические условия должны носить адресный характер.

Требования к содержанию, порядку согласования и утверждению специальных технических условий должны соответствовать положениям РДС 1.02-00-2012 «Порядок разработки, согласования, утверждения и состав проектной документации на строительство».

1.3.8 Положения документов, составляемых в развитие положений Разделов 1–3 СП РК EN 1998-1:2004/2012 и настоящего Пособия (специальных технических условий, территориальных строительных норм, рекомендаций, стандартов и др.) не должны противоречить Принципам СП РК EN 1998-1:2004/2012 и положениям настоящего Пособия.

1.3.9 При проектировании и строительстве зданий и сооружений необходимо учитывать, что их сейсмостойкость обеспечивается комплексом мероприятий:

- выбором площадок строительства;
- применением надлежащих объемно-планировочных и конструктивных решений, а также соответствующих конструкционных материалов и технологий строительства;
- конструированием несущих и ненесущих элементов в соответствии с результатами расчетов;
- соблюдением специальных конструктивных требований, назначаемых вне зависимости от результатов расчета;
- надлежащим качеством выполнения проектных и строительных работ;
- системой контроля качества проектных и строительных работ.

1.3.10 Новые конструктивные системы зданий и сооружений, а также новые материалы, конструкции и изделия до применения их в строительстве должны пройти соответствующую экспериментальную проверку.

1.3.11 На зданиях и сооружениях, определенных уполномоченным государственным органом по делам архитектуры, градостроительства и строительства, следует предусматривать установку инженерно-сейсмометрических станций.

## НТП РК 08-01.1-2012

Затраты на приобретение сейсмометрической аппаратуры, а также на выполнение проектных и строительно-монтажных работ по ее установке должны предусматриваться в сметах на строительство зданий и сооружений.

### 1.4 Нормативные ссылки

В настоящем Пособии использованы ссылки на следующие нормативные документы и стандарты:

СП РК EN 1990:2002+A1:2005/2011	Основы проектирования несущих конструкций
СП РК EN 1991 (все части)	Строительные нормы Республики Казахстан. Воздействия на несущие конструкции.
СП РК EN 1992 (все части)	Строительные нормы Республики Казахстан. Проектирование железобетонных конструкций.
СП РК EN 1993 (все части)	Строительные нормы Республики Казахстан. Проектирование стальных конструкций.
СП РК EN 1994 (все части)	Строительные нормы Республики Казахстан. Проектирование сталежелезобетонных конструкций.
СП РК EN 1995 (все части)	Строительные нормы Республики Казахстан. Проектирование деревянных конструкций.
СП РК EN 1996 (все части)	Строительные нормы Республики Казахстан. Проектирование каменных конструкций.
СП РК EN 1997 (все части)	Строительные нормы Республики Казахстан. Геотехническое проектирование.
СП РК EN 1998-1:2004/2012	Строительные нормы Республики Казахстан. Проектирование сейсмостойких конструкций. Часть 1. Общие правила, сейсмические воздействия и правила для зданий.
СП РК EN 1998-2:2005+A 1:2009/2011	Строительные нормы Республики Казахстан. Проектирование сейсмостойких конструкций. Часть 2. Мосты.
СП РК EN 1998-3:2005/2012	Строительные нормы Республики Казахстан. Проектирование сейсмостойких конструкций. Часть 3. Оценка и реконструкция зданий.
СП РК EN 1998-4:2006/2012	Строительные нормы Республики Казахстан. Проектирование сейсмостойких конструкций. Часть 4. Бункеры, резервуары и трубопроводы.
СП РК EN 1998-5:2004/2011	Строительные нормы Республики Казахстан. Проектирование сейсмостойких конструкций. Часть 5. Фундаменты, подпорные конструкции и геотехнические аспекты.
СП РК EN 1998-6:2005/2012	Строительные нормы Республики Казахстан. Проектирование сейсмостойких конструкций.

	Часть 6. Башни, мачты и трубы.
EN ISO 9001:2000	Системы управления качеством. Требования.
ISO 3898:2013	Основы расчета строительных конструкций. Наименования и условные обозначения физических величин и собственных величин.
EN ISO 22476-3:2005+A1:2011	Геотехнические исследования и испытания. Полевые испытания. Стандартный тест на пенетрацию.
НТП РК-08-01.2-2012 (к СП РК EN 1998-1: 2004/2012)	Государственные нормативы в области архитектуры, градостроительства и строительства. Нормативно-техническое Пособие Республики Казахстан. Проектирование сейсмостойких зданий. Часть. Проектирование гражданских зданий. Общие требования.
ISO 1000:1992	Единицы СИ и рекомендации по применению кратных и дольных от них и некоторых других единиц.
ISO 80000-1:2009	Величины и единицы. Часть 1. Общие положения
РДС 1.02-00-2012	Порядок разработки, согласования, утверждения и состав проектной документации на строительство.

**ПРИМЕЧАНИЕ** При пользовании настоящим Пособием целесообразно проверить действие ссылочных документов по информационным «Перечню нормативных правовых и нормативно-технических актов в сфере архитектуры, градостроительства и строительства, действующих на территории Республики Казахстан», «Указателю нормативных документов по стандартизации Республики Казахстан и «Указателю межгосударственных нормативных документов», составляемых ежегодно по состоянию на текущий год. Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании настоящим нормативом 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.

## 1.5 Термины и определения

В настоящем Пособии применяются следующие термины и определения.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Термины и определения, принятые в настоящем Пособии, кроме приведенных в Подразделе 1.5.5, соответствуют терминам и определениям, принятым в Еврокодах по ISO 2394, ISO 3898, ISO 6707-1, ISO 8930, ISO 8402.

Некоторые термины и определения, не содержащиеся в Разделах 1–3 СП РК EN 1998-1:2004/2012, приведены в настоящем Пособии для обеспечения единства терминов, относящихся к конструированию и расчету зданий и сооружений по СП РК EN 1991 – СП РК EN 1999.

### 1.5.1 Общие термины

**1.5.1.1 Строение** (construction works): Все, что строится или является результатом строительных работ.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Данный термин подразумевает здания и сооружения; относится к завершеному объекту, содержащему конструктивные, неконструктивные, а также геотехнические элементы.

**1.5.1.2 Тип здания или инженерного сооружения** (type of building or civil engineering works): Определяется исходя из функционального назначения здания или сооружения, например, жилой дом, подпорная стена, промышленное здание, дорожный мост.

**1.5.1.3 Тип конструкции** (type of construction): Определяется исходя из вида материалов, применяемых для изготовления конструкции, например, железобетонная конструкция, стальная конструкция, деревянная конструкция, каменная конструкция, сталежелезобетонная конструкция.

**1.5.1.4 Конструкция (сооружение)** (structure): Предусмотренная комбинация взаимосвязанных конструктивных элементов, предназначенных для восприятия нагрузок и обеспечения адекватной жесткости.

**1.5.1.5 Конструктивный элемент** (structural member): Физически различимая часть конструкции, например, колонна, балка, плита, фундаментная свая.

**1.5.1.6 Конструктивная система** (structural system): Несущие элементы здания или инженерного сооружения, объединенные определенным способом для совместной работы.

**1.5.1.7 Модель сооружения** (structural model): Идеализированная схема сооружения, применяемая при расчетах и расчетных проверках.

**1.5.1.8 Строительство** (execution): Все виды деятельности по строительству здания или сооружения, включая приобретение строительных материалов, контроль и составление соответствующей документации.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Термин подразумевает все работы на строительной площадке, включая изготовление изделий, как на ее территории, так и за пределами.

**1.5.1.9 Критерии проектирования** (design criteria): Количественные показатели, описывающие условия, которые должны быть выполнены для каждого предельного состояния.

**1.5.1.10 Расчетные ситуации** (design situations): Совокупность физических условий, моделирующих реальные условия, встречающиеся в определенном интервале времени, для которого расчеты должны показать, что соответствующие предельные состояния не превышены.

**1.5.1.11 Переходная расчетная ситуация** (transient design situation): Ситуация, реализующаяся в течение интервала времени, существенно меньшего по продолжительности, чем период эксплуатации сооружения и имеющая высокую вероятность проявления.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Переходная расчетная ситуация относится к временным условиям эксплуатации или воздействия на несущую конструкцию, например, во время строительства или во время проведения ремонта.

**1.5.1.12 Постоянная расчетная ситуация** (persistent design situation): Ситуация, являющаяся определяющей в течение всего периода эксплуатации сооружения.



**ПРИМЕЧАНИЕ** Обычно она относится к нормальным условиям эксплуатации.

**1.5.1.13 Сейсмическая расчетная ситуация** (seismic design situation): Расчетная ситуация, учитывающая особые условия для сооружения при сейсмических воздействиях.

**1.5.1.14 Расчетный срок эксплуатации** (design working life): Период времени, в течение которого сооружение или его часть, при соответствующем техническом обслуживании, но без капитального ремонта, должны сохранять свои эксплуатационные качества в соответствии с функциональным назначением.

**1.5.1.15 Предельные состояния** (limit states): Состояния, при превышении которых строительные конструкции не отвечают требованиям норм проектирования.

**1.5.1.16 Критические предельные состояния** (ultimate limit states): Состояния, связанные с разрушением или другими формами отказа конструкции (сооружения).

**ПРИМЕЧАНИЕ** Как правило, они соответствуют максимальной несущей способности конструкции или ее элемента.

**1.5.1.17 Предельные состояния по эксплуатационной пригодности** (serviceability limit states): Состояния, при превышении которых не выполняются установленные требования к эксплуатационной пригодности конструкции (сооружения) или ее элементов.

**1.5.1.18 Сопротивление** (resistance): Способность конструктивного элемента или его поперечного сечения противостоять воздействиям без механического разрушения, например, сопротивление изгибу, сопротивление потере устойчивости, сопротивление растяжению.

**1.5.1.19 Прочность** (strength): Механическое свойство материала, характеризующее его способность сопротивляться воздействиям и, обычно, выражаемое в единицах механического напряжения.

**1.5.1.20 Надежность** (reliability): Способность сооружения или его конструктивного элемента соответствовать установленным требованиям в течение расчетного срока эксплуатации. Надежность выражается, как правило, в вероятностных величинах.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Понятие надежность распространяется на безопасность, эксплуатационную пригодность и долговечность сооружения.

**1.5.1.21 Классификация надежности** (reliability differentiation): Мероприятия, предназначенные для социально-экономической оптимизации ресурсов, используемых в строительстве, с учетом ожидаемых последствий отказов и стоимости строительства.

**1.5.1.22 Техническое обслуживание** (maintenance): Совокупность мероприятий, осуществляемых в течение расчетного срока эксплуатации сооружения для поддержания его эксплуатационной пригодности.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Мероприятия по ремонту сооружения после аварийных воздействий или землетрясения не относятся к техническому обслуживанию.

**1.5.1.23 Ремонт** (repair): Мероприятия по сохранению или восстановлению функциональной способности сооружения, выходящие за рамки мероприятий по техническому обслуживанию.

## **1.5.2 Термины, связанные с воздействиями**

## НТП РК 08-01.1-2012

### 1.5.2.1 Воздействие ( $F$ ) (action ( $F$ )):

а) Группа сил (нагрузок), действующих на сооружение (прямое воздействие);  
б) Группа приложенных деформаций или колебаний, вызванных изменением температуры или влажности, неравномерной осадкой оснований или землетрясением (косвенное воздействие).

1.5.2.2 **Динамическое воздействие** (dynamic action): Воздействие, вызывающее существенные колебания конструкции или конструктивного элемента.

1.5.2.3 **Сейсмическое воздействие** ( $A_E$ ) (seismic action ( $A_E$ )): Воздействие, вызванное движениями грунта во время землетрясения.

1.5.2.4 **Статическое воздействие** (static action): Воздействие, не вызывающее существенных колебаний конструкции или конструктивного элемента.

1.5.2.5 **Квазистатическое воздействие** (quasi-static action): Динамическое воздействие, принятое в расчете как эквивалентное статическое воздействие.

1.5.2.6 **Эффект воздействий** ( $E$ ) (effect of action ( $E$ )): Результат воздействия на элементы конструкции (например, внутренние силы, моменты, напряжения, деформации) или реакция всего сооружения (например, прогибы, повороты), вызванные воздействиями.

1.5.2.7 **Характеристическое значение воздействия** ( $F_k$ ) (characteristic value of an action ( $F_k$ )): Определяющее репрезентативное значение воздействия, соответствующее заданной статистической обеспеченности.

1.5.2.8 **Референтный период времени** (reference period): Установленный интервал времени для статистической оценки переменных и, если возможно, для аварийных воздействий.

1.5.2.9 **Репрезентативное значение воздействия** ( $F_{rep}$ ) (representative value of an action ( $F_{rep}$ )): Значение, применяемое при расчете по предельным состояниям. В качестве репрезентативного значения могут быть приняты характеристическое значение ( $F_k$ ) или сопутствующее значение ( $\psi F_k$ ).

1.5.2.10 **Расчетное значение воздействия** ( $F_d$ ) (design value of an action ( $F_d$ )): Значение воздействия, полученное умножением репрезентативного значения на частный коэффициент  $\gamma$ .

**ПРИМЕЧАНИЕ** Расчетное значение воздействия может также определяться как произведение репрезентативного значения и частного коэффициента  $\gamma_F = \gamma_{sd} \cdot \gamma$ .

1.5.2.11 **Комбинации воздействий** (combination of actions): Совокупность расчетных значений воздействий, используемых при проверке надежности сооружения по некоторым предельным состояниям при одновременном учете различных воздействий.

## 1.5.3 Термины, связанные с расчетом строительных конструкций

1.5.3.1 **Расчет конструкций** (structural analysis): Процедура или алгоритм определения эффектов воздействий (сил, моментов, напряжений, деформаций) в любой точке конструкции.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Расчет можно проводить на трех уровнях, используя различные модели: общий расчет, расчет отдельных конструктивных элементов, локальный (местный) расчет.

**1.5.3.2 Общий расчет (global analysis):** Определение в конструкции согласованных между собой величин сил, моментов и усилий, находящихся в равновесии с воздействиями на несущую конструкцию и зависящих от геометрических размеров, конструктивных решений и свойств материалов.

#### **1.5.4 Дополнительные термины, применяемые в СП РК EN 1998 и Пособии**

**1.5.4.1 Динамически независимый элемент (dynamically independent unit):** Сооружение или часть сооружения, подверженные движениям основания, реакция которых не зависит от реакции смежных сооружений или частей.

**1.5.4.2 Диссипативное сооружение (dissipative structure):** Сооружение, способное к диссипации энергии в результате пластического гистерезисного поведения и/или с помощью других механизмов.

**1.5.4.3 Диссипативные зоны (dissipative zones):** Предварительно определенные локальные участки диссипативной конструкции, в которых главным образом реализуется их способность к диссипации энергии.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Эти участки называются также критическими областями (зонами).

**1.5.4.4 Недиссипативное сооружение (non-dissipative structure):** Сооружение, запроектированное для определенной сейсмической расчетной ситуации без учета нелинейного поведения материала.

**1.5.4.5 Коэффициент ответственности (importance factor):** Коэффициент, учитывающий последствия отказа сооружения.

**1.5.4.6 Коэффициент поведения (behaviour factor):** коэффициент, используемый при проектировании для уменьшения сил, полученных в результате линейного расчета, с целью учета нелинейной реакции сооружения, обусловленной особенностями материала, конструктивной системы и принятой методики проектирования.

**1.5.4.7 Метод проектирования по предельной несущей способности (capacity design method):** Метод проектирования, при котором в конструктивной системе выбирают и соответствующим образом конструируют элементы, предназначенные для диссипации энергии при больших деформациях, в то время как другие конструктивные элементы должны обладать прочностью, достаточной для того, чтобы выбранные элементы, диссипирующие энергию, могли оставаться в работоспособном состоянии.

**1.5.4.8 Неконструктивный (ненесущий) элемент (non-structural element):** Архитектурный, механический или электрический элемент, система или компонент, который из-за своей недостаточной прочности или принятого способа соединения с сооружением, не рассматривается при проектировании в качестве элемента, воспринимающего сейсмическую нагрузку, приходящуюся на конструктивную систему.

#### **1.5.5 Дополнительные термины, принятые в настоящем Пособии**

**1.5.5.1 Акселерограмма:** Зависимость (в виде графика или оцифровки), характеризующая ускорения движений грунта или строения во времени.

## **НТП РК 08-01.1-2012**

**1.5.5.2 Акселерограмма инструментальная:** Акселерограмма, инструментально зарегистрированная при реальном землетрясении.

**1.5.5.3 Акселерограмма искусственная:** Искусственно созданная зависимость, характеризующая процесс изменения ускорений движений во времени, согласующаяся с заданным спектром реакций в ускорениях и/или некоторыми другими характеристиками сейсмического процесса, в качестве которых рассматриваются его длительность, форма огибающей и частотный состав.

**1.5.5.4 Акселерограмма синтезированная:** Акселерограмма, полученная аналитическим путем посредством моделирования механизма сейсмогенного источника и путей распространения сейсмических волн.

**1.5.5.5 Альтернативные положения:** Взаимоисключающие положения (требования, аналитические модели, правила и т.п.), не противоречащие Принципам СП РК EN 1998-1:2004/2012 и обеспечивающие возможность выбора одного варианта решения из нескольких возможных.

**1.5.5.6 Амплитуда:** Наибольшее отклонение переменной величины (ускорения, скорости, смещения) от «нулевого» положения в рассматриваемом цикле колебаний.

**1.5.5.7 Амплитуда пиковая:** Наибольшее абсолютное значение экстремума колеблющейся величины в рассматриваемом интервале времени.

**1.5.5.8 Афтершок:** Сейсмический толчок после основного землетрясения в его очаговой области.

**1.5.5.9 Восстановление:** Проведение ремонтно-восстановительных работ, в результате которых несущая способность конструкций здания или сооружения восстанавливается до уровня, предшествовавшего появлению повреждений.

**1.5.5.10 Динамическое зондирование грунта:** Исследование грунта ударным погружением конуса (зонда) в грунт, сопровождающееся измерением по глубине показателей, характеризующих динамическое сопротивление грунта внедрению зонда. При динамическом зондировании измеряют глубину погружения зонда при определенном числе ударов молота. По данным измерений определяют условное динамическое сопротивление грунта погружению зонда.

**1.5.5.11 Диссипация энергии:** Рассеяние энергии сейсмических колебаний.

**1.5.5.12 Карты общего сейсмического зонирования; ОСЗ:** Карты, составленные для всей территории страны в относительно мелком масштабе, на которых выделены зоны с разной потенциальной сейсмической опасностью, вероятностные оценки которой даны в пиковых ускорениях движений грунта и/или в баллах по шкале сейсмической интенсивности MSK 64(К). Оценки сейсмической опасности в ускорениях отнесены на картах ОСЗ РК к скальным и скально-подобным геологическим формациям, а оценки сейсмической опасности в баллах – к «средним» грунтовым условиям (тип грунтовых условий II по Таблице 3.1).

**1.5.5.13 Карты сейсмического микрозонирования; СМЗ:** Карты, составленные для застраиваемых территорий (населенных пунктов, промышленных объектов) с учетом влияния местных сейсмо-тектонических, инженерно-геологических и топографических условий на параметры движений поверхности Земли. Карты сейсмического микрозонирования составляют с целью уточнения данных, приведенных на картах ОСЗ.

**1.5.5.14 Магнитуда землетрясения:** Условная логарифмическая величина, определенная по инструментальным данным сейсмометрических станций и характеризующая общую энергию сейсмических движений, вызванных землетрясением.

**1.5.5.15 Модальный анализ:** Определение расчетных сейсмических нагрузок по результатам теоретического анализа, выполняемого с учетом нескольких форм собственных колебаний здания.

**1.5.5.16 Строение повышенного уровня ответственности:** Строения, относящиеся к классам III и IV по Таблице 4.3 НТП РК-08-01.2-2012.

**1.5.5.17 Огибающая движений грунта:** Сглаженная функция закономерного изменения амплитуд сейсмических движений грунта во времени.

**1.5.5.18 Определение сейсмической опасности:** Количественная оценка опасности движений грунта на рассматриваемой территории.

**1.5.5.19 Основание:** Часть массива грунта, взаимодействующего с сооружением.

**1.5.5.20 Пенетрация:** Мера проникновения в грунт конического тела.

**1.5.5.21 Пластичность:** Способность к неупругому деформированию без разрушения. Пластично деформирующиеся конструкции в процессе неупругих деформаций рассеивают энергию сейсмических колебаний.

**1.5.5.22 Поперечные волны:** Вторичные сейсмические волны, распространяющиеся медленнее, чем продольные волны и состоящие из упругих движений, поперечных по отношению к направлению распространения продольной волны.

**1.5.5.23 поэтажные акселерограммы:** Ответные акселерограммы отдельных высотных отметок сооружения.

**1.5.5.24 поэтажные спектры реакций:** Спектр реакций, построенный для отдельных высотных отметок сооружения.

**1.5.5.25 Принципы:** Принципы, приведенные в СП РК EN 1998 и других СП РК EN, включают в себя общие положения и определения, для которых нет альтернатив, а также требования или аналитические модели для которых нет альтернатив, если иное специально не оговорено.

**1.5.5.26 Правила:** Это общепризнанные правила, которые находятся в соответствии с Принципами и обеспечивают выполнение их требований.

**1.5.5.27 Простые каменные здания:** Каменные здания, относящиеся к классам ответственности I и II и соответствующие требованиям 9.2, 9.5 и 9.7.2 СП РК EN 1998-1:2004/2012 и НП к СП РК EN 1998-1:2004/2012.

**1.5.5.28 Референтное значение:** Значение, которое рассматривается как наиболее близкое к истинному значению.

**1.5.5.29 Сейсмическая интенсивность:** Показатель, характеризующий интенсивность проявления землетрясения на поверхности Земли. Сейсмическая интенсивность оценивается в баллах по шкале сейсмической интенсивности и/или в кинематических параметрах движения грунта (ускорениях, скоростях, смещениях).

**1.5.5.30 Сейсмическая опасность:** Максимальные сейсмические воздействия, возникающие с определенной вероятностью на рассматриваемой территории в заданном интервале времени и связанные с повторяемостью землетрясений.

**1.5.5.31 Сейсмические нагрузки:** Инерционные силы, воздействующие на сооружение при сейсмическом воздействии;

## НТП РК 08-01.1-2012

**1.5.5.32 Сейсмический риск:** Вероятность социально экономического ущерба от возможных землетрясений в соответствии с расчетной сейсмической опасностью территорий и уязвимостью строительных и природных объектов.

**1.5.5.33 Сейсмостойкость зданий и сооружений:** Под сейсмостойкостью зданий и сооружений в настоящем Пособии понимается способность зданий и сооружений переносить сейсмические воздействия, сохраняя свою прочность и эксплуатационные качества в соответствии с требованиями СП РК EN 1998.

**1.5.5.34 Специальные технические условия:** Особые адресные строительные нормы на проектирование и строительство, заменяющие для здания или сооружения отсутствующие нормы.

**1.5.5.35 Спектр реакций (ответа):** График, представляющий собой совокупность абсолютных значений максимальных реакций (в ускорениях, скоростях или смещениях) колебательной системы линейно-упругих осцилляторов при заданном акселерограммой воздействии, построенный как функция собственных периодов (частот) и параметра демпфирования осцилляторов.

**1.5.5.36 Шкала сейсмической интенсивности:** Шкала для оценки интенсивности движений на поверхности Земли при землетрясениях.

**1.5.5.37 Эффекты второго рода:** В рамках настоящего Пособия под эффектами второго рода понимаются неблагоприятные эффекты, вызванные чрезмерными перемещениями конструктивной системы при сейсмических воздействиях (например, дополнительные вертикальные гравитационные нагрузки на колонны).

## 1.6 Символы и условные обозначения

В настоящем Пособии применяются следующие символы.

ПРИМЕЧАНИЕ Символы, принятые в настоящем Пособии, за исключением символов, приведенных в Подразделе 1.6.3, соответствуют символам, принятым в Еврокодах.

### 1.6.1 Общие символы

*Прописные буквы латинского алфавита:*

$E$  – эффект воздействий;

$E_d$  – расчетное значение эффекта воздействий;

$G$  – постоянное воздействие;

$G_k$  – характеристическое значение постоянного воздействия;

$G_{k,j}$  – характеристическое значение постоянного воздействия  $j$ ;

$G_d$  – расчетное значение постоянного воздействия;

$Q$  – переменное воздействие;

$Q_d$  – расчетное значение переменного воздействия;

$Q_k$  – характеристическое значение отдельного переменного воздействия;

$Q_{k,1}$  – характеристическое значение доминирующего переменного воздействия 1;

$Q_{k,i}$  – характеристическое значение сопутствующего переменного воздействия  $i$ ;

*Строчные буквы греческого алфавита:*

- $\gamma$  – коэффициент ответственности (см. СП РК EN 1998);  
 $\psi_0$  – коэффициент к комбинационному значению переменного воздействия;  
 $\psi_1$  – коэффициент к частому значению переменного воздействия;  
 $\psi_2$  – коэффициент к квазипостоянному значению переменного воздействия.

### 1.6.2 Дополнительные символы, используемые в Разделах 2 и 3 СП РК EN 1998-1:2004/2012 и в настоящем нормативно-техническом Пособии

- $A_{Ed}$  – расчетное значение сейсмического воздействия ( $A_{Ed} = \gamma \cdot A_{Ek}$ );  
 $A_{Ek}$  – характеристическое значение сейсмического воздействия для референтного периода повторяемости;  
 $E_d$  – расчетное значение эффектов воздействий;  
 $N_{SPT}$  – общее количество ударных импульсов при стандартном испытании на погружение;  
 $P_{NCR}$  – референтная вероятность превышения за 50 лет референтного сейсмического воздействия для условия отсутствия обрушения;  
 $Q$  – переменное воздействие;  
 $Q_{k,i}$  – характеристическое значение сопутствующего переменного воздействия  $i$ ;  
 $S$  – коэффициент, характеризующий влияние типа грунтовых условий;  
 $S_e(T)$  – спектр упругих реакций в ускорениях горизонтальных движений грунта, называемый также «спектр упругих реакций». При  $T=0$  спектральное ускорение, соответствующее этому спектру, равно расчетному ускорению грунта для грунтовых условий типа IA, умноженному на коэффициент  $S$ , характеризующий влияние типа грунтовых условий и на коэффициент  $\gamma$ , характеризующий ответственность сооружения;  
 $S_{ve}(T)$  – спектр упругих реакций в ускорениях вертикальных движений грунта;  
 $S_{De}(T)$  – спектр упругих реакций в перемещениях;  
 $S_d(T)$  – расчетный спектр реакций (для упругого расчета);  
 $S_T$  – коэффициент, характеризующий топографические эффекты усиления сейсмических воздействий.  
 $T$  – период колебаний линейной системы с одной степенью свободы;  
 $T_s$  – продолжительность установившейся части сейсмического движения;  
 $T_{NCR}$  – референтный период повторяемости референтного сейсмического воздействия для условия отсутствия разрушения;  
 $a_g$  – расчетное ускорение для грунтовых условий типа IA;  
 $a_{gR}$  – референтное пиковое ускорение для грунтовых условий типа IA;  
 $a_{vg}$  – расчетное ускорение грунта в вертикальном направлении;  
 $c_u$  – прочность на сдвиг недренированного грунта;  
 $d_g$  – расчетное перемещение грунта;  
 $g$  – ускорение свободного падения;  
 $q$  – коэффициент поведения;  
 $v_{s,30}$  – среднее значение скорости распространения  $S$ -волн в верхней 30-метровой толще вертикального профиля грунта при деформации сдвига  $10^{-5}$  или менее;  
 $\gamma_I$  – коэффициент ответственности;

## НТП РК 08-01.1-2012

- $\eta$  – коэффициент коррекции по демпфированию;
- $\xi$  – коэффициент вязкого демпфирования (в процентах);
- $\psi_{2,i}$  – коэффициент комбинирования для квазипостоянного значения переменного воздействия  $i$ ;
- $\psi_{E,i}$  – коэффициент комбинирования для переменного воздействия  $i$ , используемый, при определении эффектов расчетного сейсмического воздействия.

### 1.6.3 Дополнительные символы, используемые в настоящем Пособии

- $a_{gR(475)}$  – пиковое ускорение для грунтовых условий типа IА, соответствующее референтному периоду повторяемости 475 лет;
- $a_{gR(2475)}$  – пиковое ускорение для грунтовых условий типа IА, соответствующее референтному периоду повторяемости 2475 лет;
- ОСЗ-1<sub>475</sub> – обозначение карты общего сейсмического зонирования территории Республики Казахстан, характеризующей сейсмическую опасность зон для референтного периода 475 лет в пиковых ускорениях;
- ОСЗ-1<sub>2475</sub> – обозначение карты общего сейсмического зонирования территории Республики Казахстан, характеризующей сейсмическую опасность для референтного периода 2475 лет в пиковых ускорениях;
- ОСЗ-2<sub>475</sub> – обозначение карты общего сейсмического зонирования территории Республики Казахстан, характеризующей сейсмическую опасность для референтного периода 475 лет в целочисленных баллах по шкале сейсмической интенсивности;
- ОСЗ-2<sub>2475</sub> – обозначение карты общего сейсмического зонирования территории Республики Казахстан, характеризующей сейсмическую опасность для референтного периода 2475 лет в целочисленных баллах по шкале сейсмической интенсивности;
- $v_{s,10}$  – среднее значение скорости распространения S-волн в верхней 10-метровой толще вертикального профиля грунта при деформации сдвига  $10^{-5}$  или менее;
- $PGA$  – максимальное значение ускорения на записи сейсмических движений грунта;
- $PGV$  – максимальное значение скорости на записи сейсмических движений грунта;
- $PGD$  – максимальное значение перемещения на записи сейсмических движений грунта.

ПРИМЕЧАНИЕ Прочие дополнительные символы, которые приняты в настоящем Пособии, приведены и определены в тексте там, где они используются.

### 1.7 Международная система единиц СИ

1.7.1 Должны использоваться единицы СИ согласно ISO 1000.

1.7.2 При вычислениях рекомендуется применять следующие единицы измерений:



– силы и нагрузки:	кН, кН/м, кН/м <sup>2</sup> ;
– удельная масса (плотность):	кг/м <sup>3</sup> , т/м <sup>3</sup> ;
– масса:	кг, т;
– удельный вес:	кН/м <sup>3</sup> ;
– напряжения и прочность:	Н/мм <sup>2</sup> (= МН/м <sup>2</sup> или МПа), кН/м <sup>2</sup> (= кПа);
– моменты (изгибающие, и т.д.):	кНм;
– ускорение:	м/с <sup>2</sup> , g (= 9,81 м/с <sup>2</sup> ).

## 2 ТРЕБОВАНИЯ К ХАРАКТЕРИСТИКАМ И КРИТЕРИИ СООТВЕТСТВИЯ

### 2.1 Основные требования

2.1.1 [2.1(1)P] Проектирование и строительство зданий и сооружений в сейсмических зонах должно осуществляться таким образом, чтобы все ниже перечисленные требования соблюдались с достаточной степенью надежности.

#### Требование по отсутствию разрушения.

Запроектированное и построенное здание или сооружение должно переносить расчетные сейсмические воздействия без локального или глобального разрушения, сохраняя после сейсмических событий целостность конструктивной системы и остаточную несущую способность.

#### Требование по ограничению ущерба.

Запроектированное и построенное здание или сооружение должно переносить сейсмические воздействия, имеющие большую вероятность возникновения, чем расчетное сейсмическое воздействие, без повреждений и связанных с ними эксплуатационных ограничений, устранение которых сопряжено с затратами, непропорционально высокими по сравнению со стоимостью самого здания или сооружения.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Концептуальные основы всех современных нормативных документов, регламентирующих правила проектирования зданий и сооружений в сейсмических зонах, базируются на понимании того факта, что сейсмический риск, связанный с частотой и последствиями землетрясений, невозможно свести к «абсолютному» минимуму.

Исходя из этого, а также принимая во внимание особенности формирования сейсмических нагрузок на здания и сооружения, все современные нормативные документы допускают возможность возникновения в конструкциях строений, подвергшихся сильным землетрясениям, ограниченных повреждений, не угрожающих безопасности людей и не наносящих зданиям и сооружениям неприемлемо высокий ущерб их прочности, жесткости и эксплуатационным качествам.

Требования по отсутствию разрушений и по ограничению ущерба, приведенные в пункте 2.1.1, относятся к основополагающим Принципам СП РК EN 1998, распространяющимся на все типы зданий и сооружений, возводимые в сейсмических зонах Республики Казахстан.

Требования по отсутствию разрушений и по ограничению ущерба не имеют количественных определений и по существу носят качественный характер. Количественные определения имеют Правила, содержащиеся в СП РК EN 1998 и способствующие соблюдению требований по отсутствию разрушений и по ограничению ущерба.

## НТП РК 08-01.1-2012

2.1.2 Параметры расчетного сейсмического воздействия, принимаемого во внимание для соблюдения требования по отсутствию разрушения, связаны [2.1(1)P]:

а) с параметрами референтного сейсмического воздействия, имеющего референтную вероятность превышения  $P_{NCR} = 10\%$  за 50 лет или референтный период повторяемости,  $T_{NCR} = 475$  лет;

б) с параметрами референтного сейсмического воздействия, имеющего референтную вероятность превышения  $P_{NCR} = 2\%$  за 50 лет или референтный период повторяемости,  $T_{NCR} = 2475$  лет;

в) со значениями коэффициента ответственности  $\gamma_i$ , принимаемыми в зависимости от типа проектируемого здания или инженерного сооружения.

Принятая в настоящем Пособии методика определения параметров расчетного сейсмического воздействия, соответствующего требованию по отсутствию разрушения, основывается на учете сочетания параметров референтных сейсмических воздействий, соответствующих референтным вероятностям превышения  $P_{NCR} = 10\%$  за 50 лет ( $T_{NCR} = 475$  лет) и  $P_{NCR} = 2\%$  за 50 лет ( $T_{NCR} = 2475$  лет). Подробнее в Разделе 3.

2.1.3 [2.1(1)P] Значение вероятности превышения  $P_R$  за  $T_L$  лет определенного уровня сейсмического воздействия связано с референтным периодом повторяемости,  $T_R$ , этого уровня сейсмического воздействия и определяется с помощью Выражения:

$$T_R = \frac{-T_L}{\ln(1 - P_R)}, \quad (2.1)$$

где

$T_R$  – референтный период повторяемости сейсмического воздействия;

$P_R$  – референтная вероятность превышения сейсмического воздействия;

$T_L$  – расчетный срок эксплуатации сооружения.

Для заданного  $T_L$ , сейсмическое воздействие можно эквивалентным образом выразить посредством среднего периода повторяемости  $T_R$ , либо посредством вероятности его превышения  $P_R$  за  $T_L$  лет.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Согласно определению в 1.5.2.8 СП РК EN 1990:2002+A1:2005/2011, расчетный срок эксплуатации сооружения – это период времени, в течение которого строение или его часть, при соответствующем техническом обслуживании, но без капитального ремонта, должны эксплуатироваться в соответствии со своим функциональным назначением. Классификация расчетных сроков эксплуатации сооружений дана в СП РК EN 1990:2002+A1:2005/2011, 2.3, Таблица 2.1.

2.1.4 [2.1(2)P] Для зданий и инженерных сооружений разных типов, в зависимости от последствий их отказов при землетрясениях, установлены разные уровни надежности в части соблюдения требований, приведенных в 2.1.1.

2.1.5 Дифференциация уровней надежности зданий и сооружений реализована путем их классификации по ответственности. Каждому классу ответственности присвоено соответствующее значение коэффициента ответственности  $\gamma_i$ .

Коэффициент ответственности  $\gamma_i$ , в зависимости от класса ответственности проектируемого здания или сооружения, может соответствовать более высокому или более низкому значению повторяемости сейсмического события [2.1(3)P].

Классификация зданий и сооружений по ответственности, принятая в СП РК EN 1998, учитывает социальные, экономические, экологические и иные последствия их возможных повреждений и отказов в зависимости от функционального назначения. Указания по классам ответственности зданий и сооружений, а также по принятым для каждого класса ответственности значениям коэффициентов ответственности  $\gamma_i$ , приведены в соответствующих частях СП РК EN 1998 и Пособиях к ним.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Значения коэффициентов ответственности  $\gamma_i$  следует принимать в соответствии с положениями нормативно-технических Пособий, а при отсутствии таковых – в соответствии с положениями Национальных Приложений к СП РК EN 1998.

2.1.6 [2.1(4)] Различные уровни надежности зданий и сооружений обеспечиваются умножением на коэффициент ответственности либо характеристик референтного сейсмического воздействия либо, если применяется линейный анализ, соответствующих эффектов воздействия.

**ПРИМЕЧАНИЕ 1** В настоящем НТП предусмотрено, что различные уровни надежности зданий и сооружений с разным функциональным назначением обеспечиваются умножением на коэффициент ответственности  $\gamma_i$  характеристик референтных сейсмических воздействий.

**ПРИМЕЧАНИЕ 2** В НТП РК-08-01.2-2012 оговорено, что социальные и экономические последствия возможных повреждений и отказов зданий в результате землетрясений учитываются не только в зависимости от их функционального назначения, но и в зависимости от количества этажей, расположенных выше фундамента или жесткой подземной части.

2.1.7 [2.1(1)P] Параметры расчетного сейсмического воздействия, принимаемого во внимание при проверке требования по ограничению ущерба, следует определять с помощью коэффициента редукции, применяемого в отношении расчетного сейсмического воздействия.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Значения коэффициента редукции следует принимать согласно НТП к соответствующим частям СП РК EN 1998, а при отсутствии таковых – в соответствии с положениями Национальных Приложений к СП РК EN 1998.

### **Примеры к подразделу 2.1. Определение референтных периодов повторяемости сейсмических воздействий для зданий и сооружений при разных значениях $T_L$ и $P_R$**

#### **ПРИМЕР 1**

*Дано:* расчетный срок эксплуатации сооружения  $T_L = 50$  лет.

*Требуется:* определить минимальное значение референтного периода повторяемости сейсмического воздействия  $T_R$ , принимаемого во внимание для соблюдения требования по отсутствию разрушения, при разных референтных вероятностях превышения сейсмического воздействия  $P_R$ .

*Расчет:*

В соответствии с Выражением (2.1):

$$\text{при } P_R = 10 \% (0,1) \quad T_R = \frac{-T_L}{\ln(1 - P_R)} = \frac{-50}{\ln(1 - 0,1)} = 474,56 \text{ лет} \approx 475 \text{ лет};$$

## НТП РК 08-01.1-2012

$$\text{при } P_R = 2 \% (0,02) \quad T_R = \frac{-50}{\ln(1-0,02)} = 2474,92 \text{ лет} \approx 2475 \text{ лет};$$

$$\text{при } P_R = 1 \% (0,01) \quad T_R = \frac{-50}{\ln(1-0,01)} = 4974,9 \text{ лет} \approx 4975 \text{ лет}.$$

### ПРИМЕР 2

*Дано:* расчетный срок эксплуатации сооружения  $T_L = 100$  лет.

*Требуется:* определить минимальное значение референтного периода повторяемости сейсмического воздействия  $T_R$ , принимаемого во внимание для соблюдения требования по отсутствию разрушения при разных референтных вероятностях превышения сейсмического воздействия  $P_R$ .

*Расчет:*

В соответствии с Выражением (2.1):

$$\text{при } P_R = 10 \% (0,1) \quad T_R = \frac{-T_L}{\ln(1-P_R)} = \frac{-100}{\ln(1-0,1)} = 949,1 \text{ лет} \approx 950 \text{ лет};$$

$$\text{при } P_R = 2 \% (0,02) \quad T_R = \frac{-T_L}{\ln(1-P_R)} = \frac{-100}{\ln(1-0,02)} = 4949,8 \text{ лет} \approx 4950 \text{ лет}.$$

### ПРИМЕР 3

*Дано:* расчетный срок эксплуатации сооружения  $T_L = 30$  лет.

*Требуется:* определить минимальное значение референтного периода повторяемости сейсмического воздействия  $T_R$ , принимаемого во внимание для соблюдения требования по отсутствию разрушения при референтной вероятности превышения сейсмического воздействия  $P_R = 10 \% (0,10)$ .

*Расчет:*

В соответствии с Выражением (2.1):

$$\text{При } P_R = 10 \% (0,10) \quad T_R = \frac{-T_L}{\ln(1-P_R)} = \frac{-30}{\ln(1-0,1)} = 284,7 \text{ лет} \approx 285 \text{ лет}.$$

**ПРИМЕЧАНИЕ** Приведенные выше примеры определения референтных периодов повторяемости сейсмических воздействий носят, главным образом, иллюстративный характер, демонстрирующий, что уровни расчетных сейсмических нагрузок на здания и сооружения напрямую связаны с классами их ответственности и расчетными сроками эксплуатации. То есть, чем выше ответственность здания или сооружения и длительнее расчетный срок его эксплуатации, тем более высокий уровень сейсмического воздействия следует принимать во внимание при проектировании.

## 2.2 Критерии соответствия

### 2.2.1 Общие сведения

2.2.1.1 [2.2.1(1)P] Для соблюдения требований 2.1.1, должны быть проверены следующие предельные состояния зданий и сооружений:

- критическое предельное состояние (ULS – ultimate limit states);
- предельное состояние по ограничению ущерба (DLS – damage limitation states).

Критические предельные состояния – это состояния, которые ассоциируются с разрушением или другими формами конструктивного отказа, которые могут поставить под угрозу безопасность людей.

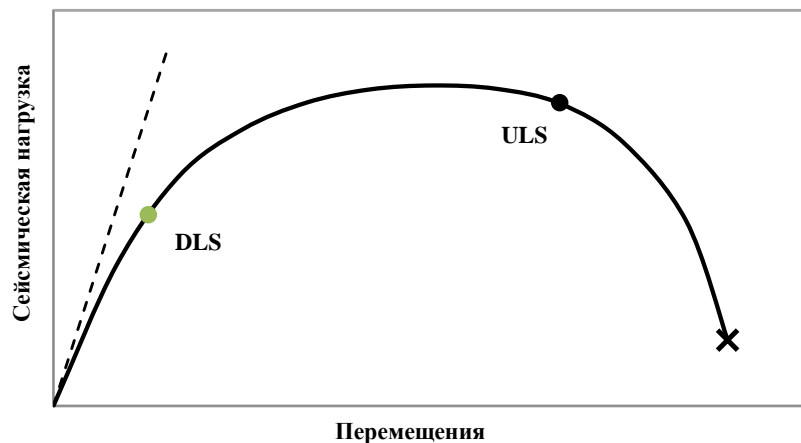
Предельные состояния по ограничению ущерба – это состояния, которые ассоциируются с повреждениями, при которых установленные эксплуатационные требования больше не выполняются.

ПРИМЕЧАНИЕ 1 В соответствии с 3.3(3) СП РК EN 1990:2002+A1:2005/2011 и 2.1(1)Р СП РК EN 1998-3:2005, в качестве критических предельных состояний, вместо самого разрушения, для упрощения, допускается рассматривать состояния, предшествующие разрушению.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 При предельном состоянии, предшествующем разрушению, строение сильно повреждено, имеет низкую остаточную жесткость и прочность, но его вертикальные элементы еще могут выдерживать вертикальные статические нагрузки.

При предельном состоянии по ограничению ущерба строение может иметь некоторые несущественные повреждения конструктивных элементов, не нарушающие целостность конструктивной системы и не снижающие ее способность сопротивляться вертикальным и горизонтальным нагрузкам. Неконструктивные элементы могут иметь повреждения в виде трещин, не угрожающие безопасности людей. Наряду с этим повреждения могут вызвать некоторое снижение жесткости строения и несколько нарушить его эксплуатационные качества.

На Рисунке 2.1 сплошной линией показана типичная зависимость «нагрузка – перемещения», описывающая в общем виде нелинейное поведение строения при сейсмическом воздействии. Точками на зависимости условно обозначены состояния условного строения, соответствующие предельным состояниям по ограничению ущерба (DLS) и с критическим предельным состоянием (ULS). Пунктирной линией обозначена зависимость «нагрузка – перемещения», соответствующая линейно-упругой работе строения.



**Рисунок 2.1 – Зависимость «сейсмическая нагрузка – перемещения» строения**

Фактические значения нагрузок и перемещений, соответствующие предельным состояниям по ограничению ущерба и критическим предельным состояниям строений, могут быть установлены по результатам их экспериментальных исследований или соответствующих расчетов, выполненных с учетом нелинейного деформирования конструкций.

Правильно запроектированные и качественно построенные здания и сооружения должны переносить сейсмические воздействия, соответствующие:

– критическим предельным состояниям – без локального или глобального разрушения, сохраняя после сейсмических событий целостность конструктивной системы и остаточную несущую способность, достаточную для восприятия вертикальных статических нагрузок и афтершоки умеренной интенсивности;

## **НТП РК 08-01.1-2012**

– предельным состояниям по ограничению ущерба – без повреждений, снижающих несущую способность конструкций, и без эксплуатационных ограничений, устранение которых сопряжено с затратами, непропорционально высокими по сравнению со стоимостью самого здания или сооружения.

Правила определения расчетных сейсмических нагрузок, используемых при проверке критических предельных состояний и предельных состояний по ограничению ущерба, даны в Разделе 4.

2.2.1.2 [2.2.1(2)P] С целью ограничения неопределенностей и обеспечения надлежащего поведения конструкций при сейсмических воздействиях, по своей силе превышающих расчетное сейсмическое воздействие, при проектировании зданий и сооружений необходимо соблюдать также соответствующие специальные мероприятия, приведенные в 2.2.4.

2.2.1.3 [2.2.1(3)] Для некоторых категорий зданий и сооружений в случаях низкой сейсмичности основные требования могут быть обеспечены путем применения более простых Правил, чем Правила, приведенные в соответствующих Частях СП РК EN 1998.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Расчетные ускорения грунта, соответствующие случаям низкой сейсмичности, приведены в 4.1.3.

Категории зданий и сооружений, для которых в случаях низкой сейсмичности допускается применять более простые Правила, оговорены в соответствующих Частях СП РК EN 1998 и/или в Пособиях, разработанных в развитие СП РК EN 1998.

2.2.1.4 [2.2.1(4)] В случаях очень низкой сейсмичности нет необходимости соблюдать положения СП РК EN 1998.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Расчетные ускорения грунта, соответствующие случаям очень низкой сейсмичности, приведены в 4.1.4.

2.2.1.5 [2.2.1(5)] Специальные правила для «простых каменных зданий» даны в Разделе 9 СП РК EN 1998-1:2004/2012 и оговорены в соответствующем Пособии к нему. При соблюдении этих правил «простые каменные здания» считаются удовлетворяющими основным требованиям СП РК EN 1998-1:2004/2012 без аналитических проверок безопасности.

### **2.2.2 Критическое предельное состояние**

2.2.2.1 [2.2.2(1)P] Следует проверить, что способность конструктивной системы к сопротивлению и диссипации энергии колебаний соответствует требованиям соответствующих Частей СП РК EN 1998 и настоящего Пособия.

2.2.2.2 [2.2.2(2)] Сопротивляемость и способность к диссипации энергии, свойственные строению, будут определять возможную степень учета его нелинейного поведения при сейсмических воздействиях.

В практическом плане взаимосвязанные показатели сопротивляемости и способности к диссипации энергии характеризуются значениями коэффициента поведения  $q$ , зависящими от способности строения к пластическому деформированию, классифицированной в соответствующих Частях СП РК EN 1998 и Пособиях к ним.

2.2.2.3 [2.2.2(2)] При проектировании зданий и сооружений, классифицированных как низкодиссипативные, гистерезисная диссипация энергии не учитывается, и коэффициент поведения, с учетом резервов прочности, как правило, не может иметь значения более 1,5.

Для диссипативных конструктивных систем коэффициент поведения, учитывая гистерезисную диссипацию энергии, происходящую главным образом в специально запроектированных зонах, называемых зонами диссипации или критическими зонами, имеет более высокие значения.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Значение коэффициента поведения  $q$  должно быть ограничено из условий недопущения возникновения предельного состояния, связанного с потерей строением динамической устойчивости и возникновения в нем повреждений вследствие малоциклового усталости элементов конструктивной системы (в особенности соединений). При определении значений коэффициента  $q$  следует применять самое неблагоприятное ограничивающее условие. Значения коэффициента  $q$ , приведенные в соответствующих НТП и Национальных Приложениях к СП РК EN 1998, считаются отвечающими этому требованию.

2.2.2.4 [2.2.2(3)P] Строение в целом должно быть проверено на устойчивость при расчетном сейсмическом воздействии. Необходимо проверять устойчивость строения, как против опрокидывания, так и против скольжения.

Специальные правила для проверки строений против опрокидывания и скольжения приведены в соответствующих Частях СП РК EN 1998 и Пособиях, разработанных к этим Частям.

2.2.2.5 [2.2.2(4)P] Необходимо проверить способность элементов фундамента и грунтового основания воспринимать воздействия, возникающие в результате реакции надфундаментного строения, без существенных остаточных деформаций. При определении реакций должно быть уделено внимание фактическому сопротивлению, которым могут обладать конструктивные элементы, передающие воздействия.

2.2.2.6 [2.2.2(5)P] В расчетах необходимо принимать во внимание возможное влияние эффектов второго рода на величины воздействия.

2.2.2.7 При определенных обстоятельствах, предельные состояния, касающиеся защиты содержимого сооружений, следует также относить к критическим предельным состояниям.

**ПРИМЕЧАНИЕ 1** Эти обстоятельства в каждом отдельном случае определяются совместно с заказчиком и с учетом соответствующего законодательства.

**ПРИМЕЧАНИЕ 2** Проверка оборудования, установленного в здании или сооружении, может быть выполнена на основании расчетов, выполняемых с использованием поэтажных спектров реакции или поэтажных акселерограмм, построенных для мест крепления оборудования. При этом достаточный уровень надежности может быть выражен в величинах деформаций (для предотвращения возможности соударений оборудования со смежными элементами) и в величинах сейсмических нагрузок на оборудование.

2.2.2.8 [2.2.2(6)P] Необходимо удостовериться, что неконструктивные элементы при расчетном сейсмическом воздействии не представляют опасности для людей и не подвержены неблагоприятным воздействиям, вызванным поведением конструктивных элементов сооружения.

Специальные правила для зданий приведены в 4.3.5 и 4.3.6 СП РК EN 1998-1:2004/2012 и оговорены в НТП РК-08-01.2-2012.

### **2.2.3 Предельное состояние по ограничению ущерба**

2.2.3.1 Предельные состояния по ограничению ущерба характеризуются:

- возникновением предельных деформаций конструкции (в том числе в соединениях между конструктивными элементами) или предельных деформаций основания;
- образованием в конструктивных и неконструктивных элементах трещин или локальных повреждений;
- изменениями формы конструктивных элементов, приводящими к затруднению нормальной эксплуатации.

2.2.3.2 [2.2.3(1)P] Достаточный уровень надежности в отношении недопустимых повреждений должен быть обеспечен путем соблюдения ограничений на предельные величины деформаций или другие предельные величины, указанные в соответствующих Частях СП РК EN 1998 и в соответствующих НТП к этим Частям.

2.2.3.3 [2.2.3(2)P] Здания и сооружения, предназначенные для защиты гражданского населения, должны обладать сопротивляемостью и жесткостью, достаточными для выполнения функций по оказанию жизненно важных услуг населению после сейсмического события, связанного с соответствующим периодом повторяемости.

## **2.2.4 Специальные мероприятия**

### **2.2.4.1 Проектирование**

2.2.4.1.1 Здания и сооружения, возводимые в сейсмических зонах:

- по возможности, должны иметь простые и регулярные формы в плане и по высоте; при необходимости это может быть реализовано разделением сооружения антисейсмическими швами на динамически независимые отсеки [2.2.4.1(P)];
- как правило, должны иметь симметричное и регулярное распределение масс и жесткостей в плане и по высоте.

ПРИМЕЧАНИЕ Подробнее в НТП РК-08-01.2-2012.

2.2.4.1.2 При проектировании зданий и сооружений следует:

- применять материалы, конструкции и конструктивные схемы, обеспечивающие наименьшие значения расчетных сейсмических нагрузок на здания и сооружения;
- отдавать предпочтение многократно статически неопределимым конструктивным системам;
- предусматривать конструктивные мероприятия, обеспечивающие устойчивость и геометрическую неизменяемость конструктивных систем при развитии в конструкциях и соединениях между ними пластических деформаций.

2.2.4.1.3 [2.2.4.1(2)P] Для обеспечения общего диссипативного и пластического поведения строения необходимо исключить возможность хрупкого разрушения его элементов или преждевременного образования в нем нестабильных механизмов. Для этого, в случаях, предусмотренных в соответствующих Частях СП РК EN 1998 и Пособиях к ним, следует обращаться к процедуре проектирования по предельной несущей способности, предусматривающей дифференциацию элементов по сопротивляемости.



С помощью этой процедуры можно получить информацию о последовательности изменения сопротивляемости разных конструктивных элементов строения и формах отказов, необходимую для обеспечения надлежащего механизма пластического деформирования строения и предотвращения хрупкого разрушения конструкций.

2.2.4.1.4 [2.2.4.1(3)P] Поскольку антисейсмическая эффективность строения в значительной мере зависит от поведения критических зон или элементов, то конструирование строения в целом, а также этих зон или элементов в частности, должны обеспечить им сохранение способности передавать требуемые усилия и диссипировать энергию при циклических нагрузках. С этой целью особое внимание при проектировании следует уделить конструированию соединений между конструктивными элементами и зон с ожидаемым нелинейным поведением.

Стыковые соединения между конструктивными элементами, как правило, следует располагать вне зон максимальных усилий.

2.2.4.1.5 [2.2.4.1(4)P] Расчет зданий и сооружений должен основываться на адекватной расчетной модели, которая, при необходимости, должна учитывать влияние деформативности грунта, а также неконструктивные элементы и другие аспекты, например, связанные с наличием смежных строений.

#### **2.2.4.2 Фундаменты**

2.2.4.2.1 При проектировании фундаментов и оснований зданий и сооружений следует соблюдать положения СП РК EN 1997-1:2004/2011, СП РК EN 1998-5:2004, специальные требования, приведенные в соответствующих Частей СП РК EN 1998, а также положения соответствующих НТП, разработанных в развитие СП РК EN 1998.

2.2.4.2.2 Предварительные размеры фундаментов и глубина заложения их подошвы определяется без учета сейсмических воздействий в соответствии с СП РК EN 1997-1:2004/2011 и НТП к нему. Последующее уточнение размеров фундаментов с учетом сейсмических воздействий следует осуществлять на основании результатов расчетов и в соответствии с положениями СП РК EN 1998-5:2004 и НТП к нему.

2.2.4.2.3 При выборе типа фундаментов и их размеров следует соблюдать положения 5.2 и 5.4 СП РК EN 1998-5:2004, ограничивающие риски, связанные с неопределенностью поведения фундаментов при сейсмических воздействиях.

2.2.4.2.4 [2.2.4.2(1)P] Жесткость фундаментов должна быть достаточной для равномерной (насколько это возможно) передачи нагрузок от надфундаментного строения к основанию.

2.2.4.2.5 [2.2.4.2(2)P] Для одного строения, в общем случае, следует использовать только один тип фундамента. Исключение составляют мосты и сооружения, состоящие из динамически независимых отсеков.

2.2.4.2.6 Фундаменты строения или его отсека, как правило, следует предусматривать на одном уровне. При необходимости заложения ленточных или плитных фундаментов смежных отсеков или рядом стоящих столбчатых фундаментов одного отсека на разных уровнях следует соблюдать специальные требования НТП к СП РК EN 1998-5:2004.

## **НТП РК 08-01.1-2012**

2.2.4.2.7 Специальные требования к основаниям и фундаментам некоторых типов зданий и сооружений, а также правила учета контактного взаимодействия зданий и сооружений с основаниями приведены в НТП к СП РК EN 1998-5:2004.

2.2.4.2.8 Допущение об уменьшении амплитуд сейсмических движений грунта с глубиной (см. 5.2(2)Р с) СП РК EN 1998-5:2004) допускается применять только при наличии соответствующего обоснования и для сооружений:

- а) полностью заглубленных в грунт на глубину более 10 м;
- б) частично заглубленных в грунт, если величина их заглубления превышает 10 м и составляет более половины их высоты, считая от подошвы фундамента.

### **2.2.4.3 Система обеспечения качества**

2.2.4.3.1 Следует учитывать, что приведенные в нормативных документах численные значения частных коэффициентов и других показателей, обеспечивающих приемлемый уровень надежности зданий и сооружений, установлены в предположении, что качество выполнения конструкций зданий и сооружений, а также контроль качества их выполнения соответствуют установленным требованиям.

2.2.4.3.2 В соответствии с 2.5(1) СП РК EN 1990:2002+A1:2005/2011 для создания здания или сооружения, соответствующего требованиям и предпосылкам, принятым при проектировании, следует предусматривать мероприятия по обеспечению качества. Данные мероприятия включают:

- определение требований к надежности;
- организационные мероприятия;
- контроль на этапах проектирования, производства работ, в процессе эксплуатации и технического обслуживания.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Мероприятия по обеспечению качества допускается применять в соответствии с EN ISO 9001:2000.

2.2.4.3.3 [2.2.4.3(1)Р] В проектной документации должны быть указаны размеры, параметры и характеристики материалов элементов конструкции. При необходимости проектная документация должна содержать также характеристики используемых специальных устройств и расстояния между конструктивными и неконструктивными элементами. В проектной документации должны быть приведены также необходимые указания по контролю качества.

2.2.4.3.4 [2.2.4.3(2)] Конструктивные элементы особой ответственности, требующие специального контроля в процессе строительства, должны быть указаны в проекте. Для этих элементов должны быть также указаны применяемые методы контроля качества их выполнения.

2.2.4.3.5 [2.2.4.3(3)] В зонах с высокой сейсмичностью и для особо ответственных зданий и сооружений, в дополнение к процедурам контроля, установленным в других СП РК EN, следует использовать официально разрешенные процедуры контроля качества, распространяющиеся на проектирование, строительство и эксплуатацию.

## **3 СЕЙСМИЧЕСКИЕ ЗОНЫ. ГРУНТОВЫЕ УСЛОВИЯ И СЕЙСМИЧЕСКАЯ ОПАСНОСТЬ ПЛОЩАДОК СТРОИТЕЛЬСТВА**

### 3.1 Общие сведения

3.1.1 При проектировании зданий и сооружений следует учитывать:

- сейсмическую опасность зоны строительства;
- тип грунтовых условий площадки строительства;
- сейсмическую опасность площадки строительства.

3.1.2 Сейсмическую опасность зон строительства (см. 3.2) следует определять по картам общего сейсмического зонирования территории Республики Казахстан или по списку населенных пунктов, приведенных в Национальном Приложении к СП РК EN 1998-1:2004/2012.

3.1.3 Тип грунтовых условий площадки строительства следует определять в соответствии с 3.3.

3.1.4 Сейсмическую опасность площадок строительства следует определять по картам сейсмического микрозонирования или, при отсутствии карты сейсмического микрозонирования, исходя из сейсмической опасности зоны строительства и данных о типе грунтовых условий площадки строительства (см. 3.4).

### 3.2 Сейсмические зоны

3.2.1 Потенциальная сейсмическая опасность территории Республики Казахстан характеризуется комплектом карт общего сейсмического зонирования (ОСЗ), на которых выделены зоны с разной потенциальной сейсмической опасностью.

3.2.2 Комплект карт общего сейсмического зонирования содержит:

- карты ОСЗ-1<sub>475</sub> и ОСЗ-2<sub>475</sub>, отражающие 10 % вероятность возможного превышения в течение 50 лет указанных на них значений сейсмической интенсивности ( $P_{NCR}=10\%$ ,  $T_{NCR}=475$  лет);
- карты ОСЗ-1<sub>2475</sub> и ОСЗ-2<sub>2475</sub>, отражающие 2 % вероятность возможного превышения в течение 50 лет указанных на них значений сейсмической интенсивности ( $P_{NCR}=2\%$ ,  $T_{NCR}=2475$  лет);

ПРИМЕЧАНИЕ Вероятностные оценки сейсмической опасности, представленные на картах ОСЗ, имеют преимущественно статистико-экономический смысл. Эти оценки позволяют оптимизировать распределение национальных ресурсов на антисейсмические мероприятия, но не дают оснований полагать, что землетрясение, интенсивность которого принята в качестве расчетной, произойдет лишь однажды через 475 лет или 2475 лет после строительства объекта. С позиций теории вероятности такое или даже более интенсивное землетрясение может произойти в любой момент и повториться через довольно короткий промежуток времени.

3.2.3 Показатели, приведенные на картах ОСЗ-1<sub>475</sub>, ОСЗ-1<sub>2475</sub>, характеризуют сейсмическую опасность зон в пиковых ускорениях и относятся к скальным и скально-подобным геологическим формациям (грунтовые условия типа IА по Таблице 3.1).

ПРИМЕЧАНИЕ Карты ОСЗ-1<sub>475</sub> и ОСЗ-1<sub>2475</sub> ориентированы на скальные и скально-подобные геологические формации в связи с тем, что только в таких грунтах, обладающих высокой динамической прочностью и жесткостью, как при слабых, так и при сильных

## **НТП РК 08-01.1-2012**

землетрясениях не наблюдаются значимые нелинейные эффекты, вызванные деградацией жесткости и прочности грунтов.

3.2.4 Показатели, приведенные на картах ОСЗ-2<sub>475</sub> и ОСЗ-2<sub>2475</sub>, характеризуют сейсмическую опасность зон в целочисленных баллах по шкале сейсмической интенсивности и относятся к «средним» грунтовым условиям (тип II по Таблице 3.1).

ПРИМЕЧАНИЕ Карты ОСЗ-2<sub>475</sub> и ОСЗ-2<sub>2475</sub> ориентированы на «средние» грунтовые условия, наиболее типичные для сейсмических зон Республики Казахстан с наибольшей плотностью населения.

3.2.5 Карты ОСЗ-1<sub>475</sub> и ОСЗ-1<sub>2475</sub> следует применять при определении референтных значений пиковых ускорений грунта  $a_{gR(475)}$  и  $a_{gR(2475)}$ , соответствующих сейсмической опасности рассматриваемой зоны.

ПРИМЕЧАНИЕ В настоящем Пособии рассматривается порядок определения параметров расчетных сейсмических воздействий по картам ОСЗ территории Республики Казахстан. При определении параметров расчетных сейсмических воздействий по картам сейсмического микроразделения (СМЗ) следует пользоваться соответствующими приложениями к этим картам.

3.2.6 Карты ОСЗ-2<sub>475</sub> и ОСЗ-2<sub>2475</sub> следует применять при определении сейсмической опасности рассматриваемой зоны в целочисленных баллах по шкале сейсмической интенсивности.

ПРИМЕЧАНИЕ Карты ОСЗ, характеризующие сейсмическую опасность территорий в целочисленных баллах, позволяют:

- оценивать возможные макросейсмические последствия прогнозируемых землетрясений;
- планировать развитие регионов страны с учетом степени их сейсмической опасности;
- планировать (на основании укрупненных показателей) затраты на проведение антисейсмических мероприятий в масштабе страны или региона;
- формировать общую концепцию проектирования конкретных строений.

## **3.3 Грунтовые условия площадок строительства**

### **3.3.1 Общие положения**

3.3.1.1 Грунтовые условия площадок строительства по сейсмическим свойствам следует определять в соответствии с данными Таблицы 3.1, исходя из результатов инженерно-геологических изысканий.

3.3.1.2 [3.1.1(4)] Инженерно-геологические изыскания на площадке строительства следует выполнять в соответствии с положениями действующих нормативных документов и с учетом специальных требований, зависящих от класса ответственности здания или сооружения и специфических условий строительства.

3.3.1.3 [3.1.1(4)] Инженерно-геологические изыскания должны быть выполнены в объеме, достаточном для определения типа грунтовых условий по сейсмическим свойствам и параметров прогнозируемого сейсмического воздействия.

3.3.1.4 В отчете об инженерно-геологических изысканиях следует указывать:

а) значения пиковых ускорений грунта  $a_{gR(475)}$  и  $a_{gR(2475)}$ , определенные для рассматриваемой сейсмической зоны по картам ОСЗ-1<sub>475</sub> и ОСЗ-1<sub>2475</sub>;

б) сейсмическую опасность зоны строительства в целочисленных баллах, определенную по картам ОСЗ-2<sub>475</sub> и ОСЗ-2<sub>2475</sub>;

в) тип грунтовых условий площадки строительства по сейсмическим свойствам, определенный по результатам инженерно-геологических изысканий и данные, подтверждающие обоснованность принятой оценки;

г) сейсмическую опасность площадки строительства, определенную по карте сейсмического микрозонирования или по результатам инженерно-геологических изысканий;

д) наличие или отсутствие факторов, неблагоприятных в сейсмическом отношении.

### **3.3.2 Типы грунтовых условий по сейсмическим свойствам**

3.3.2.1 Для оценки влияния местных грунтовых условий на параметры сейсмических воздействий, типы грунтовых условий площадок строительства по сейсмическим свойствам следует классифицировать как IA, IB, II и III (см. Таблицу 3.1).

3.3.2.2 В соответствии с СП РК EN 1998-1:2004/2012 типы грунтовых условий площадок строительства, в зависимости от вида и состояния пород, образующих поверхностную толщу, могут оцениваться:

а) по значениям средних скоростей распространения поперечных волн в поверхностных грунтовых толщах;

б) по результатам динамического зондирования грунтов (испытаний на динамическую пенетрацию);

в) по результатам испытаний, характеризующих прочность грунтов на сдвиг в недренированном состоянии.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Из-за дефицита фактических данных количественные значения, позволяющие определять тип грунтовых условий площадок строительства по результатам испытаний, указанных в 3.3.2.2 б) и 3.3.2.2 в) в настоящем НТП не приведены.

3.3.2.3 [3.1.2(2)] Тип грунтовых условий площадки строительства, если это возможно, должен быть классифицирован по значению средней скорости распространения поперечных волн в поверхностной 30-метровой толще ( $v_{s,30}$ ).

3.3.2.4 При классификации типа грунтовых условий площадки строительства, помимо средней скорости распространения поперечных волн в 30-метровой поверхностной толще ( $v_{s,30}$ ), следует также учитывать среднюю скорость распространения поперечных волн в 10-метровой поверхностной толще ( $v_{s,10}$ ).

Таблица 3.1 – Типы грунтовых условий

Типы грунтовых условий	Грунты стратиграфического профиля (описательные данные)	Средние значения $v_{s,10}$ и $v_{s,30}$ , м/с
IA	Скальные грунты всех видов неветрелые и слабоведрелые с маломощным (до 5 м) покровом рыхлых отложений.	$v_{s,30} \geq 800$
IB	Скальные грунты ветрелые (обломочная зона) с маломощным (до 5 м) покровом рыхлых отложений. Крупнообломочные грунты преимущественно из магматических пород (более 70 %), плотные (плотность грунта $\rho \geq 2,2$ т/м <sup>3</sup> ), содержание песчано-глинистого заполнителя до 30 %, перекрытые маломощным покровом (до 5,0 м) рыхлых отложений.	$v_{s,10} \geq 350$ $550 \leq v_{s,30} < 800$
II	Скальные грунты сильноветрелые; крупнообломочные грунты преимущественно из осадочных пород (более 70 %) независимо от содержания заполнителя. Крупнообломочные грунты всех видов с содержанием заполнителя более 30 %. Пески гравелистые крупные и средней крупности плотные независимо от степени водонасыщения. Пески крупные и средней крупности со средней плотностью с малой и средней степенью водонасыщения. Пески мелкие и пылеватые плотные со средней плотностью и малой степенью водонасыщения. Глинистые грунты с показателем текучести $\leq 0,5$ при коэффициенте пористости $e < 0,9$ – для глин и суглинков и $e < 0,7$ – для супесей.	$v_{s,10} \geq 250$ $270 \leq v_{s,30} < 550$
III	Пески рыхлые независимо от степени водонасыщения и крупности. Пески крупные и средней крупности средней плотности водонасыщенные. Пески мелкие и пылеватые плотные и средней плотности средней степени водонасыщения и водонасыщенные. Глинистые грунты с показателем текучести $> 0,5$ независимо от значения коэффициента пористости. Глинистые грунты с показателем текучести $\leq 0,5$ при значении коэффициента пористости $e \geq 0,9$ – для глин и суглинков, и $e \geq 0,7$ – для супесей.	$v_{s,10} < 250$ $v_{s,30} < 270$

**ПРИМЕЧАНИЕ** Типы грунтовых условий площадок строительства следует определять с учетом экспериментально установленных значений скоростей распространения поперечных волн –  $v_{s,10}$  и  $v_{s,30}$ . Если один из показателей экспериментально установленных значений –  $v_{s,10}$  или  $v_{s,30}$  – имеет значение меньшее, чем указанное в таблице, то грунтовые условия следует относить к более неблагоприятному по сейсмическим свойствам типу.

При использовании описательных данных для определения типа грунтовых условий:

а) отнесение грунтовых условий площадки строительства к типам IA и IB допускается, если мощность слоев, соответствующих этим типам, составляет более 25 м в пределах поверхностного 30-метрового слоя, считая от планировочной отметки, а механические свойства грунтов по глубине (в т.ч. ниже 30-метрового поверхностного слоя) постепенно увеличиваются;

б) при неоднородном составе стратиграфического профиля грунтовые условия относятся к более неблагоприятному типу по сейсмическим свойствам, если в пределах верхней 10-метровой толщи (считая от планировочной отметки) слои, относящиеся к этому типу, имеют суммарную толщину более 5 м.

в) в случае прогнозирования подъема уровня грунтовых вод и обводнения грунтов тип грунтовых условий площадки строительства следует определять в зависимости от свойств грунта (влажности, консистенции) в замоченном состоянии.

г) в случае отсутствия данных о значениях показателя текучести или влажности песчаных и глинистых грунтов, грунтовые условия площадки строительства при уровне грунтовых вод выше 5 м следует относить к типу III по сейсмическим свойствам.

3.3.2.5 [3.1.2(3)] Средние скорости распространения поперечных волн  $v_{s,30}$  следует вычислять в соответствии с Выражением (3.1):

$$v_{s,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{v_i}}, \quad (3.1)$$

где  $h_i$  и  $v_i$  – означают толщину, в м, и скорость распространения поперечной волны, м/с, (с уровнем деформаций сдвига  $10^{-5}$  или меньше) для  $i$ -й формации или слоя при общем количестве слоев  $N$ , присутствующих в верхней 30-метровой грунтовой толще.

3.3.2.6 Средние скорости распространения поперечных волн  $v_{s,10}$  следует вычислять в соответствии с Выражением (3.2):

$$v_{s,10} = \frac{10}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{v_i}}, \quad (3.2)$$

где  $h_i$  и  $v_i$  – означают толщину, в м, и скорость распространения поперечной волны, м/с, (с уровнем деформаций сдвига  $10^{-5}$  или меньше) для  $i$ -й формации или слоя при общем количестве слоев  $N$ , присутствующих в верхней 10-метровой грунтовой толще.

3.3.2.7 При отсутствии данных о скоростях распространения поперечных волн в поверхностных толщах, для оценки влияния местных грунтовых условий на параметры сейсмического воздействия допускается пользоваться описательными данными, приведенными в Таблице 3.1.

3.3.2.8 С целью накопления экспериментальных данных и установления соответствующих корреляционных зависимостей, измерения скоростей распространения поперечных волн в поверхностных грунтовых толщах рекомендуется, по возможности и в зависимости от вида и состояния пород, образующих поверхностную толщу, сопровождать испытаниями грунтов на пенетрацию и на сдвиг в недренированном состоянии.

3.3.2.9 Среднее значение количества ударов в 30-метровой толще при стандартных испытаниях на пенетрацию  $N_{SPT,30}$  следует вычислять в соответствии с Выражением (3.3):

$$N_{SPT,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{N_{SPT,i}}}, \quad (3.3)$$

где  $N_{SPT,i}$  – количество  $N_{SPT}$  ударов в слое  $i$ .

3.3.2.10 Стандартные испытания на динамическую пенетрацию должны соответствовать положениям СП РК EN 1997-2:2007/AC:2010/2011 и EN ISO 22476-3:2005+A1:2011.

Любые отступления от положений EN ISO 22476-3:2005+A1:2011 должны быть соответствующим образом обоснованы.

3.3.2.11 Среднее значение прочности грунта  $c_{u,30}$ , находящегося в недренированном состоянии, следует определять из Выражения:

$$c_{u,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{c_{u,i}}}, \quad (3.4)$$

где  $c_{u,i}$  – прочность грунта, находящегося в недренированном состоянии в слое  $i$ .

3.3.2.12 Тип грунтовых условий строительной площадки не допускается изменять исходя из:

- а) конструктивных особенностей фундаментов;
- б) глубины заложения фундаментов;
- в) изменения характеристик грунтов в результате их усиления или замены на локальном участке.

### 3.4 Сейсмическая опасность площадок строительства. Выбор площадок для строительства

3.4.1 Карты сейсмического микрозонирования характеризуют потенциальную сейсмическую опасность площадок строительства с учетом влияния местных сейсмотектонических, инженерно-геологических и топографических условий.

ПРИМЕЧАНИЕ Оценки сейсмичности площадки строительства в целочисленных баллах, принятые по карте сейсмического микрозонирования, следует принимать во внимание только при выборе конструктивно-планировочных решений строений, их размеров в плане и по высоте, а также специальных конструктивных мероприятий, назначаемых вне зависимости от результатов расчетов на сейсмические воздействия.

3.4.2 Карты сейсмического микрозонирования должны приниматься во внимание всеми организациями, осуществляющими выбор площадок под строительство, изыскания и проектирование.

3.4.3 Сейсмическую опасность площадки строительства, принятую по карте сейсмического микрозонирования, допускается уточнять по результатам инженерно-геологических изысканий:

- а) если в процессе выполнения инженерно-геологических изысканий выявлены неучтенные ранее факторы, способные повлиять на оценку сейсмической опасности площадки;
- б) при размещении здания или сооружения на границе участков с разной сейсмической опасностью;
- в) исходя из фактического рельефа местности.

3.4.4 Уточнение карты сейсмического микрозонирования может выполнять только организация, составившая карту или другая изыскательская организация по согласованию с организацией-составителем карты.

**3.4.5 При отсутствии карты сейсмического микрозонирования сейсмическую опасность площадки строительства в баллах следует определять по Таблице 3.2, исходя из сейсмичности зоны строительства и типа грунтовых условий.**

3.4.6 При выборе площадок для строительства не рекомендуется размещать жилые массивы, промышленные (производственные) комплексы или отдельные здания и сооружения на площадках, неблагоприятных в сейсмическом отношении.



**Таблица 3.2 – Определение сейсмичности площадки строительства исходя из сейсмичности зоны строительства и типа грунтовых условий**

Типы грунтовых условий	Сейсмичность площадки строительства при сейсмичности зоны, в баллах			
	7	8	9	10
IA и IB	7	8	9	10
II	7	8	9	10
III	8	9	10	по результатам исследований

3.4.7 К неблагоприятным в сейсмическом отношении относятся площадки:

- а) расположенные в зонах возможного проявления тектонических разломов на дневной поверхности;
- б) с расчетными ускорениями движений грунта, определенными с учетом типа грунтовых условий площадки строительства, более 0,6g;
- в) с грунтовыми отложениями, содержащими поверхностный слой мощностью более 10 м, в пределах которого скорости распространения поперечных волн составляют менее 100 м/с;
- г) с грунтовыми отложениями, способными к разжижению;
- д) с просадочностью грунтов, плавбунами, карстами, горными выработками, сильной нарушенностью пород физико-геологическими процессами;
- е) расположенные в зонах возможного прохождения селевых потоков или оползней;
- ж) с крутизной склонов более 15°, сложенных рыхлыми водонасыщенными грунтами или породой с сильно нарушенной структурой.

3.4.8 На площадках, указанных в 3.4.7 а) и 3.4.7 б), строительство новых зданий и сооружений может осуществляться с разрешения организации, уполномоченной государственным органом по делам архитектуры, градостроительства и строительства Республики Казахстан.

3.4.9 При строительстве на площадках, указанных в 3.4.7 в), 3.4.7 г) и 3.4.7 д), следует проводить инженерные мероприятия по улучшению свойств грунтов или их замене, принимать меры к укреплению оснований зданий и сооружений.

Мероприятия по улучшению свойств грунтов и укреплению оснований зданий и сооружений должны исключать возможности разрушения грунта, неустойчивости склонов и остаточных осадков, вызванных разжижением или уплотнением грунта при землетрясении.

3.4.10 Строительство зданий и сооружений на площадках, указанных в 3.4.7 е), без специальных мероприятий по их защите от селевых потоков, обвалов и оползней не допускается.

3.4.11 На площадках строительства с крутизной склонов более 15° (см. 3.4.7 ж)) контур зданий и сооружений должен быть расположен вне пределов плоскости скольжения, положение которой устанавливается расчетом склонов на устойчивость с учетом сейсмических воздействий.

**Примеры к Подразделу 3.3. Определение типа грунтовых условий строительных площадок по скоростям распространения поперечных волн**

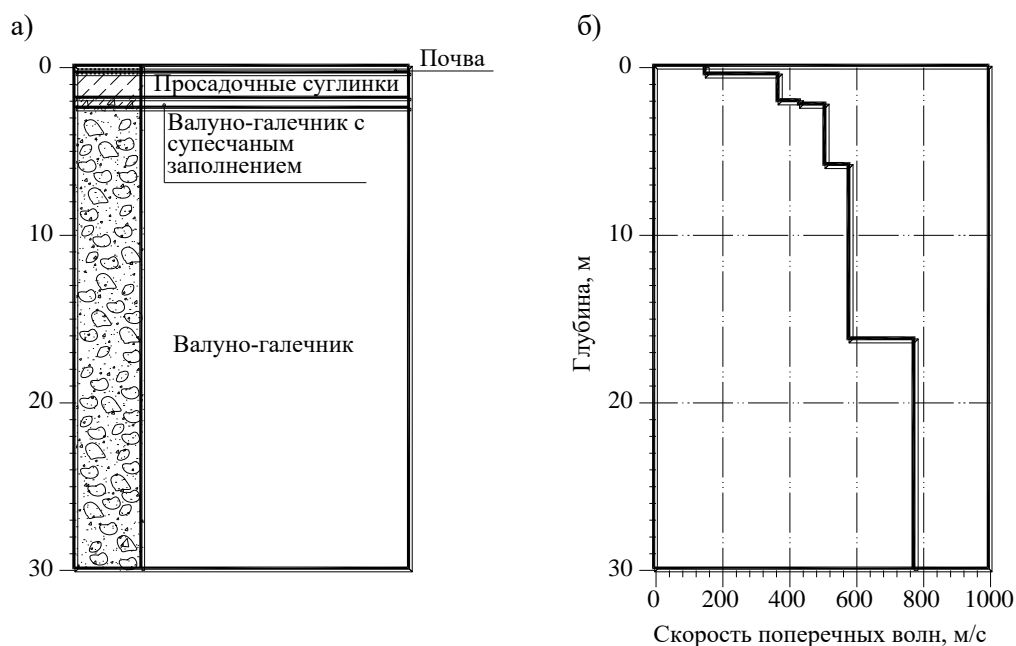
**ПРИМЕР 1**

*Дано:*

– инженерно-геологический разрез площадки строительства (г. Алматы, южнее проспекта Аль-Фараби, западнее реки Есентай) – Рисунок 3.1 а);

– количественные значения скоростей распространения поперечных волн в поверхностной толще грунтов – Рисунок 3.1 б) и Таблица 3.3.

*Требуется:* определить тип грунтовых условий площадки строительства по сейсмическим свойствам.



**Рисунок 3.1 – Инженерно-геологический разрез площадки строительства**

**Таблица 3.3 – Скорости распространения поперечных волн в поверхностной толще**

Слой грунта	Глубина залегания подошвы слоя, м	Толщина слоя, м	Значения $v_{s\gamma}$ , м/с
1	0,5	0,5	153
2	2,1	1,6	371
3	2,3	0,2	435
4	5,9	3,6	511
5	16,3	10,4	583
6	30	13,7	777

*Расчет:* средние скорости распространения поперечных волн  $v_{s,10}$  и  $v_{s,30}$  следует вычислять в соответствии с Выражениями (3.1) и (3.2):

$$v_{s,10} = \frac{10}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{v_i}} = \frac{10}{\frac{0,5}{153} + \frac{1,6}{371} + \frac{0,2}{435} + \frac{3,6}{511} + \frac{4,1}{583}} = 452,1 \text{ м/с},$$

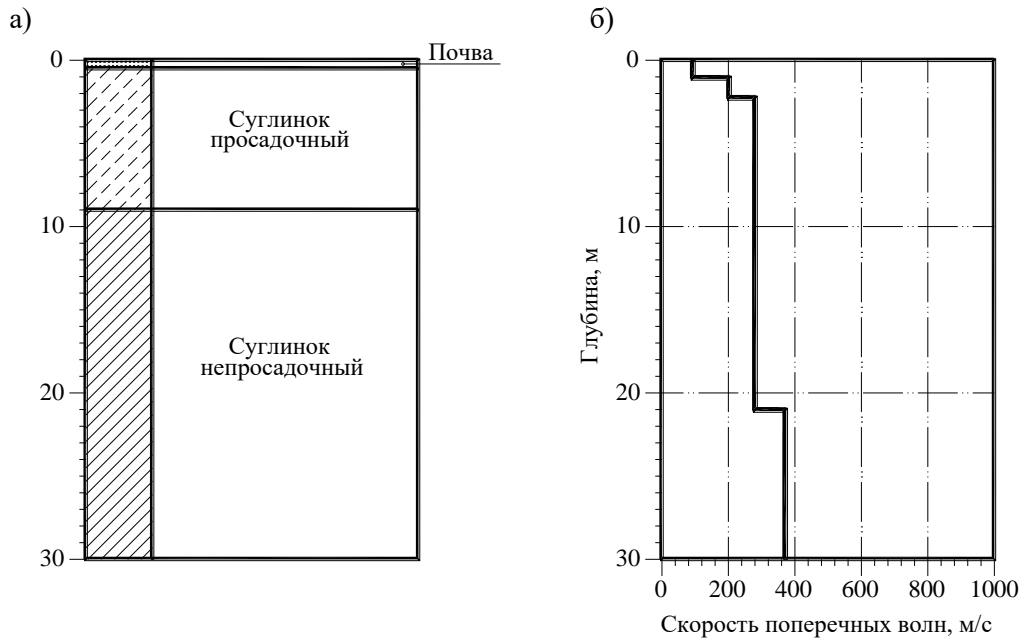
$$v_{s,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{v_i}} = \frac{30}{\frac{0,5}{153} + \frac{1,6}{371} + \frac{0,2}{435} + \frac{3,6}{511} + \frac{10,4}{583} + \frac{13,7}{777}} = 593,4 \text{ м/с} .$$

*Вывод:* в соответствии с данными Таблицы 3.1 тип грунтовых условий строительной площадки Б.

**ПРИМЕР 2**

*Дано:*

- инженерно-геологический разрез площадки строительства (Галгарский район Алматинской области) – Рисунок 3.2 а);
- количественные значения скоростей распространения поперечных волн в поверхностной толще грунтов – Рисунок 3.2 б) и Таблица 3.4.



**Рисунок 3.2 – Инженерно-геологический разрез площадки строительства**

**Таблица 3.4 – Скорости распространения поперечных волн в поверхностной толще**

Слой грунта	Глубина залегания подошвы слоя, м	Толщина слоя, м	Значения $v_s$ , м/с
1	0,65	0,65	94
2	5,28	4,63	203
3	21,04	15,76	281
4	30,00	8,96	372

*Требуется:* определить тип грунтовых условий площадки строительства по сейсмическим свойствам.

*Расчет:* средние скорости распространения поперечных волн  $v_{s,10}$  и  $v_{s,30}$  следует вычислять в соответствии с Выражениями (3.1) и (3.2):

$$v_{s,10} = \frac{10}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{v_i}} = \frac{10}{\frac{0,65}{94} + \frac{4,63}{203} + \frac{4,72}{281}} = 215,0 \text{ м/с},$$

$$v_{s,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{v_i}} = \frac{30}{\frac{0,65}{94} + \frac{4,63}{203} + \frac{15,76}{281} + \frac{8,96}{372}} = 273,0 \text{ м/с}.$$

*Вывод:* В соответствии с Таблицей 3.1 тип грунтовых условий строительной площадки III.

## 4 СЕЙСМИЧЕСКИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ

### 4.1 Определение расчетного значения ускорения

4.1.1 **Расчетные значения ускорений  $a_g$** , характеризующие интенсивность сейсмических воздействий и принимаемые во внимание при проверке **требования по отсутствию разрушений** зданий и сооружений, следует определять с учетом значений ускорений  $a_{gR(475)}$  и  $a_{gR(2475)}$ , определенных по картам ОСЗ-1<sub>475</sub> и ОСЗ-1<sub>2475</sub> соответственно, и значений коэффициента  $\gamma_I$ , назначаемых в зависимости от ответственности сооружения.

4.1.2 В качестве расчетного значения ускорения  $a_g$ , учитываемого при проверке требования по отсутствию разрушения, следует принимать большее из двух значений:

$$\gamma_I \cdot a_{gR(475)}, \text{ или} \quad (4.1)$$

$$\gamma_I \cdot \frac{2}{3} a_{gR(2475)} \quad (4.2)$$

где  $\gamma_I$  – коэффициент, значение которого следует назначать в зависимости от класса ответственности здания или сооружения.

ПРИМЕЧАНИЕ Коэффициент  $2/3$  ( $\approx 0,667$ ) в Выражении (4.2) характеризует минимальный запас прочности, которым должно обладать строение для предотвращения коллапса.

4.1.3 В качестве случаев низкой сейсмичности следует рассматривать случаи, при которых произведение  $a_g \cdot S$  менее  $0,1g$  ( $0,98 \text{ м/с}^2$ ).

ПРИМЕЧАНИЕ  $S$  – коэффициент, учитывающий влияние грунтовых условий площадки строительства на интенсивность сейсмических воздействий (см. 4.2.2.1).

4.1.4 В качестве случаев очень низкой сейсмичности следует рассматривать случаи, когда произведение  $a_g \cdot S$  менее  $0,05g$  ( $0,49 \text{ м/с}^2$ ).

4.1.5 Для строений с классами ответственности II, III и IV (коэффициент ответственности  $\gamma_I \geq 1,0$ ; см. Таблицу 5.2 НТП РК-08-01.2-2012) необходимо принимать во внимание топографические эффекты усиления сейсмических воздействий [3.2.2.1(6)].

4.1.6 Топографические эффекты усиления сейсмических воздействий характеризуются коэффициентом  $S_T$  (см. СП РК EN 1998-5:2004, Приложение А).

Ориентировочные значения коэффициентов  $S_T$ , для некоторых простых случаев, например таких, как отдельно расположенные возвышенности или протяженные в одном

направлении (двумерные) возвышенности, если их высота более 30 м, приведены в Таблице 4.1 и показаны на Рисунке 4.1.

4.1.7 Для учета топографических эффектов значения ускорения  $a_g$ , определенные по 4.1.2, или значения ординат спектра упругих реакций следует умножить на значения коэффициента усиления  $S_T$ , указанные в Таблице 4.1.

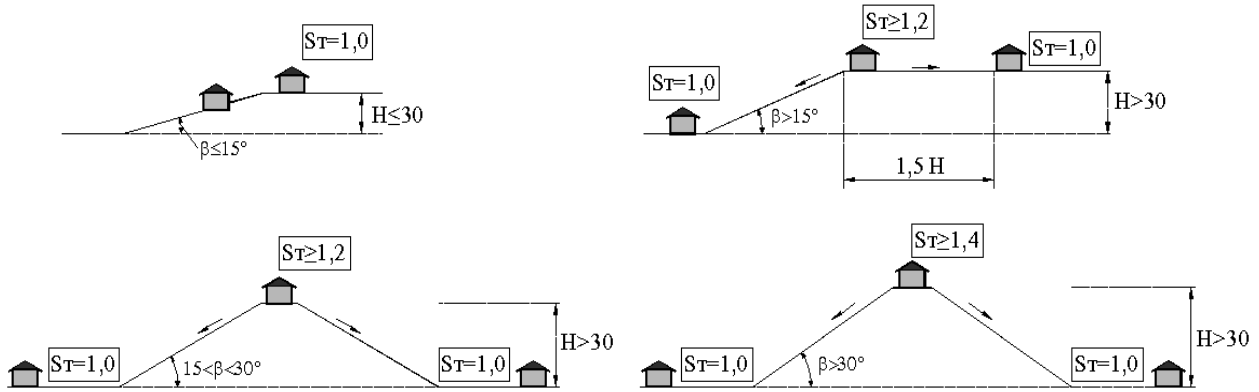


Рисунок 4.1 – К определению значений коэффициентов  $S_T$

Таблица 4.1 – Значения коэффициентов  $S_T$ , характеризующих топографические эффекты усиления сейсмических воздействий

Категория рельефа	Характеристика рельефа	Расположение площадки	$S_T$
1	Плоские поверхности и возвышенности с крутизной склонов менее $15^\circ$ ,	—	1,0
2	Одиночные возвышенности с крутизной склонов более $15^\circ$	Для площадок вблизи верхнего края склона	$\geq 1,2$
3	Протяженные возвышенности с шириной гребня существенно меньшей, чем в основании и крутизной склонов от $15^\circ$ до $30^\circ$	Для площадок вблизи вершины возвышенности	$\geq 1,2$
4	Протяженные возвышенности с шириной гребня существенно меньшей, чем в основании и крутизной склона более $30^\circ$	Для площадок вблизи вершины возвышенности	$\geq 1,4$

ПРИМЕЧАНИЕ Для площадок, расположенных между основанием и вершиной хребтов или склонов, значения коэффициентов усиления  $S_T$  допускается определять по линейной интерполяции, принимая значение  $S_T$  в основаниях возвышенностей равным 1,0.

**Примеры к Подразделу 4.1. Определение расчетных значений ускорений грунта**

**ПРИМЕР 1**

Дано:

- значение  $a_{gR(475)}$ , определенное по карте ОСЗ-1<sub>475</sub>, составляет 0,2g;
- значение  $a_{gR(2475)}$ , определенное по карте ОСЗ-1<sub>2475</sub>, составляет 0,2g;
- значение коэффициента ответственности  $\gamma_1$  равно 1,0.

Требуется: определить значение  $a_g$ .

Расчет: определяем большее значение  $a_g$  из Выражений (4.1) и (4.2):

## НТП РК 08-01.1-2012

$$a_{gR(475)} \cdot \gamma_I = 0,2g \times 1,0 = 0,2g .$$

$$\frac{2}{3} a_{gR(2475)} \cdot \gamma_I = \frac{2}{3} \times 0,2g \times 1,0 = 0,133g$$

*Вывод:*  $a_g = 0,2g$ .

### ПРИМЕР 2

*Дано:*

- значение  $a_{gR(475)}$ , определенное по карте ОСЗ-1<sub>475</sub>, составляет 0,2g;
- значение  $a_{gR(2475)}$ , определенное по карте ОСЗ-1<sub>2475</sub>, составляет 0,3g;
- значение коэффициента ответственности  $\gamma_I$  равно 1,25.

*Требуется:* определить значение  $a_g$ .

*Расчет:* определяем большее значение  $a_g$  из Выражений (4.1) и (4.2):

$$a_{gR(475)} \times \gamma_I = 0,2g \times 1,25 = 0,25g .$$

$$\frac{2}{3} a_{gR(2475)} \cdot \gamma_I = \frac{2}{3} \times 0,3g \times 1,25 = 0,25g .$$

*Вывод:*  $a_g = 0,25g$ .

### ПРИМЕР 3

*Дано:*

- значение  $a_{gR(475)}$ , определенное по карте ОСЗ-1<sub>475</sub>, составляет 0,2g;
- значение  $a_{gR(2475)}$ , определенное по карте ОСЗ-1<sub>2475</sub>, составляет 0,4g;
- значение коэффициента ответственности  $\gamma_I$  равно 1,0.

*Требуется:* определить значение  $a_g$ .

*Расчет:* определяем большее значение  $a_g$  из Выражений (4.1) и (4.2):

$$a_{gR(475)} \cdot \gamma_I = 0,2g \times 1,0 = 0,2g .$$

$$\frac{2}{3} a_{gR(2475)} \cdot \gamma_I = \frac{2}{3} \times 0,4g \times 1,0 = 0,267g$$

*Вывод:*  $a_g = 0,267g$ .

## 4.2 Базовое представление сейсмического воздействия

### 4.2.1 Общие сведения

4.2.1.1 [3.2.2.1(1)] Базовое представление сейсмического воздействия основывается на описании параметров сейсмических движений грунта с помощью спектров реакций в ускорениях, построенных в предположении линейно-упругого деформирования систем с одной степенью свободы (далее «спектров упругих реакций»).

ПРИМЕЧАНИЕ Базовое представление сейсмического воздействия предполагает поле ускорений постоянным во времени. Строения, для которых может потребоваться учет движений грунта во времени и в пространстве, указаны в СП РК EN 1998-2, СП РК EN 1998-4, СП РК EN 1998-6 и в соответствующих Пособиях к ним.

4.2.1.2 Процедура расчета зданий и сооружений при базовом представлении сейсмического воздействия состоит из следующих основных этапов.

*Этап 1.* Определение параметров спектров упругих реакций, соответствующих:

- сейсмичности зоны строительства;
- типу грунтовых условий площадки строительства;
- диссипативным свойствам проектируемого объекта (при необходимости);
- ответственности проектируемого объекта;
- разным компонентам сейсмического воздействия (при необходимости).

*Этап 2.* Определение параметров расчетных спектров реакций, зависящих от способности зданий и сооружений к нелинейному деформированию.

*Этап 3.* Определение расчетных сейсмических нагрузок на здание или сооружение.

*Этап 4.* Определение эффектов (усилий, напряжений, деформаций) расчетных сейсмических воздействий в элементах конструкции.

*Этап 5.* Комбинирование эффектов от расчетных сейсмических и статических нагрузок.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Расчетные сейсмические нагрузки на здания и сооружения, принимаемые во внимание при проверке требований по отсутствию разрушения и по ограничению ущерба, рассматриваются как квазистатические.

4.2.1.3 [3.2.2.1(2)] При базовом представлении сейсмических воздействий формы спектров упругих реакций принимаются одинаковыми для двух уровней сейсмического воздействия, принимаемых во внимание для проверки требований по предотвращению разрушения и по ограничению ущерба.

4.2.1.4 [3.2.2.1(3)P] Горизонтальное сейсмическое воздействие описывается двумя ортогональными компонентами, считающимися независимыми и характеризующимися одинаковыми спектрами упругих реакций.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Случаи, при которых ортогональные компоненты горизонтального сейсмического воздействия могут описываться спектрами упругой реакции с разной формой, оговорены в НТП РК-08-01.2-2012.

4.2.1.5 Вертикальное сейсмическое воздействие описывается компонентой ортогональной к горизонтальной плоскости и характеризуется спектром реакций, отличающимся от спектров реакций, соответствующих горизонтальным компонентам.

4.2.1.6 [3.2.2.1(4)] Для трех компонент сейсмического воздействия, в зависимости от сейсмического источника и магнитуды землетрясения, может быть принята одна или больше альтернативных форм спектров реакции.

4.2.1.7 [3.2.2.1(5)] Если землетрясения, воздействующие на площадку, генерируются значительно отличающимися источниками, то для адекватного представления расчетного сейсмического воздействия должна предусматриваться возможность использования более одной формы спектра. При этом каждому типу землетрясения и спектра, обычно, соответствуют разные значения  $a_g$ .

## **4.2.2 Спектр упругих реакций для горизонтальных компонент сейсмического воздействия**

## НТП РК 08-01.1-2012

4.2.2.1 Для горизонтальных компонент сейсмического воздействия спектр упругих реакций  $S_e(T)$  определяется Выражениями (4.3) – (4.5):

$$0 \leq T \leq T_B: S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \left[ 1 + \frac{T}{T_B} \cdot (\eta \cdot 2,5 - 1) \right], \quad (4.3)$$

$$T_B \leq T \leq T_C: S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2,5, \quad (4.4)$$

$$T_C \leq T: S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2,5 \cdot \left[ \frac{T_C}{T} \right], \quad (4.5)$$

где

$S_e(T)$  – спектр упругих реакций;

$T$  – период колебаний линейной системы с одной степенью свободы, с;

$a_g$  – расчетное ускорение основания при грунтовых условиях типа IА;

$T_B$  – минимальное значение периода на постоянном участке графика спектральных ускорений, с;

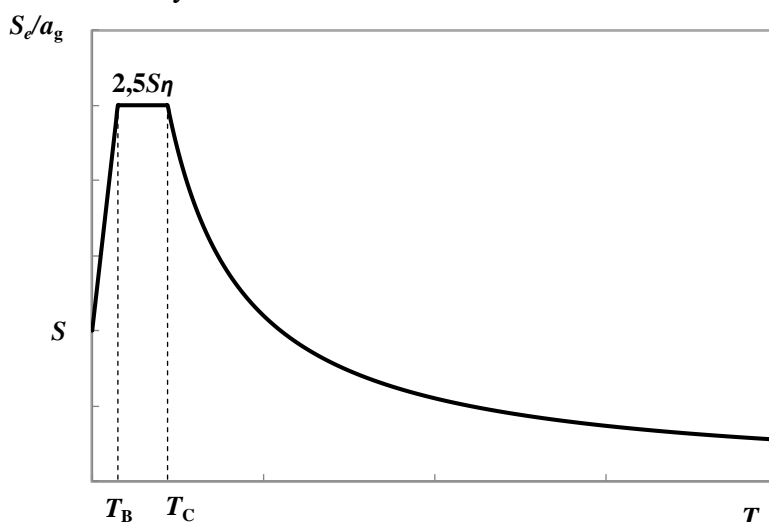
$T_C$  – максимальное значение периода на постоянном участке графика спектральных ускорений, с;

$\eta$  – коэффициент коррекции по демпфированию с референтным значением  $\eta = 1$  для коэффициента вязкого демпфирования  $\zeta = 5\%$ ;

$S$  – коэффициент, учитывающий сейсмические свойства грунта (влияние грунтовых условий площадки строительства на интенсивность сейсмических воздействий).

ПРИМЕЧАНИЕ Выражения (4.3)–(4.5) являются альтернативными Выражениям (3.2)–(3.5) СП РК EN 1998-1:2004/2012.

Общий вид спектра упругих реакций для горизонтальных компонент сейсмического воздействия показан на Рисунке 4.2.



**Рисунок 4.2 – Форма спектра упругих реакций для горизонтальных компонент сейсмических воздействий**

4.2.2.2 [3.2.2.2(2)P] Значения периодов  $T_B$  и  $T_C$  и коэффициент грунтовых условий  $S$ , описывающие форму спектра упругих реакций зависят от типа грунтовых условий.



Принятые значения  $T_B$ ,  $T_C$  и  $S$  приведены в Таблицах 4.2 и 4.3 соответственно.

Таблица 4.2 – Значения  $T_B$  и  $T_C$ 

Тип грунтовых условий по сейсмическим свойствам	$T_B$ , с	$T_C$ , с
IA	0,15	0,44
IB	0,15	0,44
II	0,25	0,64
III	0,375	0,96

Таблица 4.3 – Значения коэффициента  $S$ 

Тип грунтовых условий по сейсмическим свойствам	Значения коэффициента $S$ в зависимости от величин $a_g$
IA	1,0
IB	$1,0 \leq (1,4 - a_g/g) \leq 1,2$
II	$1,1 \leq (1,8 - 2 \cdot a_g/g) \leq 1,6$
III	$1,2 \leq (2,8 - 5 \cdot a_g/g) \leq 2,4$

4.2.2.3 Значение коэффициента  $\eta$  рекомендуется определять с помощью Выражений (4.6) и (4.7), **альтернативных Выражению** (3.6) в СП РК EN 1998-1:2004/2012:

$$\text{при } T \leq 1,0 \text{ с: } \quad \eta = \rho; \quad (4.6)$$

$$\text{при } T \geq 1,0 \text{ с: } \quad \eta = \rho(1/T)^\lambda. \quad (4.7)$$

В Выражениях (4.6) и (4.7) значения  $\rho$  и  $\lambda$  определяются следующим образом:

$$\rho = 1 + \frac{0,05 - 0,01\xi}{0,05 + 0,02\xi - 3(0,01\xi)^2}, \quad (4.8)$$

$$\lambda = \frac{0,05 - 0,01\xi}{0,33 + 0,09\xi} \quad (4.9)$$

где  $\xi$  – коэффициент вязкого демпфирования, выраженный в процентах.

ПРИМЕЧАНИЕ Выражения (4.6)–(4.9) позволяют более реалистично, чем Выражение (3.6) СП РК EN 1998-1:2004/2012, оценивать значения коэффициента  $\eta$  при значениях  $\xi$  в диапазоне от 1,0 % до 25 % и значениях  $T$  до 8 с.

4.2.2.4 [3.2.2.2(4)] Если для особых случаев необходимо использовать коэффициент вязкого демпфирования отличный от 5 %, то его значение приводится в соответствующих Пособиях к СП РК EN 1998.

## НТП РК 08-01.1-2012

4.2.2.5 [3.2.2.2(5)P] Спектр упругих реакций в перемещениях  $S_{De}(T)$  может быть получен путем прямого преобразования спектра упругих реакций в ускорениях  $S_e(T)$  с помощью следующего Выражения:

$$S_{De}(T) = S_e(T) \left[ \frac{T}{2\pi} \right]^2 \quad (4.10)$$

**ПРИМЕЧАНИЕ** Следует учитывать, что спектральное ускорение является абсолютным ускорением и представляет собой ускорение массы относительно основания плюс ускорение основания. Абсолютное ускорение пропорционально инерционной силе, действующей на массу. Спектральное перемещение – это перемещение массы относительно основания. Спектральное перемещение пропорционально восстанавливающей силе.

### Примеры к Подразделу 4.2.2. Определение параметров спектров реакций для горизонтальных компонент сейсмического воздействия.

#### ПРИМЕР 1

*Дано:*

- тип грунтовых условий площадки строительства – ИБ;
- расчетное значение ускорения основания для горизонтальной компоненты сейсмического воздействия при типе грунтовых условий IA:  $a_g = 0,2g$ ;
- коэффициент вязкого демпфирования  $\xi = 5\%$ ; коэффициент коррекции по демпфированию  $\eta = 1,0$ .

*Требуется:* построить спектр реакций в ускорениях для горизонтальной компоненты сейсмического воздействия.

*Определение спектра упругих реакций:*

В соответствии с данными Таблицы 4.2:

- минимальное значение периода  $T_B$  на постоянном участке графика спектральных ускорений составляет 0,15 с;
- максимальное значение периода  $T_C$  на постоянном участке графика спектральных ускорений составляет 0,44 с.

Значение коэффициента  $S$ , характеризующего сейсмические свойства грунта, определяем с помощью соответствующего Выражения, приведенного в Таблице 4.3:

$$S = (1,4 - a_g/g) = (1,4 - 0,2) = 1,2$$

Принимаем  $S = 1,2$ .

Подставим в Выражения (4.3) – (4.5), предназначенные для определения ординат спектра реакций (в долях  $g$ ), значения  $a_g$ ,  $T_B$ ,  $T_C$ ,  $\eta$  и  $S$ :

$$\text{при } 0 \leq T \leq 0,15 : S_e(T) = a_g \cdot S \left[ 1 + \frac{T}{T_B} (\eta \cdot 2,5 - 1) \right] = 0,2 \times 1,2 \left[ 1 + \frac{T}{0,15} (1 \times 2,5 - 1) \right] = 0,24(1 + 10T);$$

$$\text{при } 0,15 \leq T \leq 0,44 : S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2,5 = 0,2 \times 1,2 \times 1 \times 2,5 = 0,6;$$

$$\text{при } 0,44 \leq T : S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2,5 \left[ \frac{T_C}{T} \right] = 0,2 \times 1,2 \times 1 \times 2,5 \left[ \frac{0,44}{T} \right] = \frac{0,264}{T}.$$

Общий вид спектра реакций в ускорениях показан на Рисунке 4.3.

Значения ординат спектра реакций для некоторых периодов приведены в Таблице 4.4.

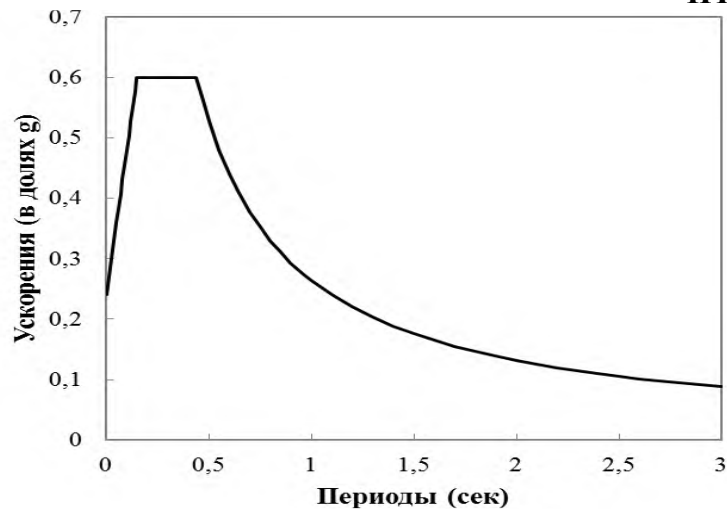


Рисунок 4.3 – Спектр упругих реакций в ускорениях для горизонтальной компоненты сейсмического воздействия (тип грунтовых условий – ИБ;  $a_g = 0,2g$  и  $\xi = 5\%$ )

Таблица 4.4 – Значения спектра упругих реакций для горизонтальной компоненты сейсмического воздействия (тип грунтовых условий – ИБ;  $a_g = 0,2g$  и  $\xi = 5\%$ )

$T, c$	0	0,15	0,44	0,60	0,80	1,00	1,60	2,00	3,00
$S_e(T), \text{ в долях } g$	0,24	0,60	0,60	0,44	0,33	0,264	0,165	0,132	0,088

#### ПРИМЕР 2

Дано:

- тип грунтовых условий площадки строительства – III;
- расчетное значение ускорения основания для горизонтальной компоненты сейсмического воздействия при типе грунтовых условий IA:  $a_g = 0,4g$ ;
- коэффициент вязкого демпфирования  $\xi = 5\%$ ; коэффициент коррекции по демпфированию  $\eta = 1,0$ .

Требуется: построить спектр реакций в ускорениях для горизонтальной компоненты сейсмического воздействия.

Определение спектра упругих реакций для горизонтальной компоненты.

В соответствии с данными Таблицы 4.2:

- минимальное значение периода  $T_B$  на постоянном участке графика спектральных ускорений составляет 0,375 с;
- максимальное значение периода  $T_C$  на постоянном участке графика спектральных ускорений составляет 0,96 с.

В соответствии с данными Таблицы 4.3 определяем значение коэффициента  $S$ :

$$S = (2,8 - 5 \cdot a_g/g) = (2,8 - 5 \cdot 0,4) = 0,8 < 1,2.$$

Принимаем  $S = 1,2$ .

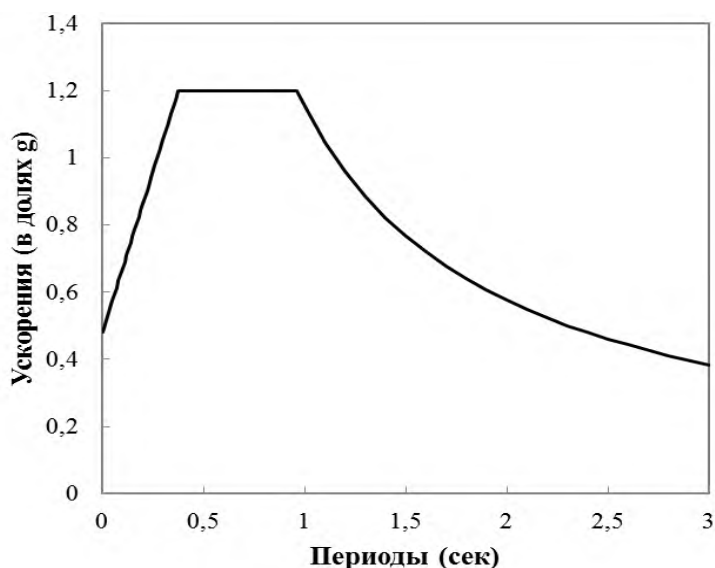
Подставим в Выражения (4.3) – (4.5) значения  $a_g$ ,  $T_B$ ,  $T_C$ ,  $\eta$  и  $S$ , предназначенные для определения ординат спектра реакций (в долях  $g$ ):

$$\text{при } 0 \leq T \leq 0,375: S_e(T) = a_g \cdot S \left[ 1 + \frac{T}{T_B} (\eta \cdot 2,5 - 1) \right] = 0,4 \times 1,2 \left[ 1 + \frac{T}{0,375} (1 \times 2,5 - 1) \right] = 0,48 \cdot (1 + 4T);$$

$$\text{при } 0,375 \leq T \leq 0,96: S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2,5 = 0,4 \times 1,2 \times 1 \times 2,5 = 1,2;$$

$$\text{при } 0,96 \leq T : S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2,5 \left[ \frac{T_C}{T} \right] = 0,4 \times 1,2 \times 1 \times 2,5 \times \left[ \frac{0,96}{T} \right] = \frac{1,152}{T}.$$

вид спектра реакций в ускорениях показан на Рисунке 4.4.



**Рисунок 4.4 – Спектр упругих реакций в ускорениях для горизонтальной компоненты сейсмического воздействия (тип грунтовых условий – III;  $a_g = 0,4g$  и  $\xi = 5\%$ )**

Значения ординат спектра реакций для некоторых периодов приведены в Таблице 4.5.

**Таблица 4.5 – Значения спектра упругих реакций для горизонтальной компоненты сейсмического воздействия (тип грунтовых условий – III;  $a_g = 0,4g$  и  $\xi = 5\%$ )**

$T, c$	0	0,375	0,96	1,00	1,20	1,80	2,00	2,40	3,00
$S_e(T), \text{ в долях } g$	0,48	1,20	1,20	1,152	0,96	0,64	0,576	0,480	0,384

**ПРИМЕР 3**

*Дано:*

- тип грунтовых условий площадки строительства – III;
- расчетное значение ускорения основания для горизонтальной компоненты сейсмического воздействия при типе грунтовых условий IA:  $a_g = 0,4g$ ;
- коэффициент вязкого демпфирования  $\xi = 2\%$ ;

*Требуется:* построить спектры реакций в ускорениях для горизонтальной компоненты сейсмического воздействия:

- 1) используя для определения  $\eta$  Выражение (3.6) СП РК EN 1998-1:2004/2012;
- 2) используя для определения  $\eta$  Выражения (4.6) – (4.9) настоящего Пособия.

*Определение спектров упругих реакций.*

В соответствии с данными Таблицы 4.2:

- минимальное значение периода  $T_B$  на постоянном участке графика спектральных ускорений составляет 0,375 с;
- максимальное значение периода  $T_C$  на постоянном участке графика спектральных ускорений составляет 0,96 с.

В соответствии с данными Таблицы 4.3 определяем значение коэффициента  $S$ :

$$S = (2,8 - 5 \cdot a_g/g) = (2,8 - 5 \cdot 0,4) = 0,8 < 1,2.$$

Принимаем  $S = 1,2$ .

1) Значение коэффициента  $\eta$  определяем из Выражения 3.6 СП РК EN 1998-1:2004/2012:

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} = \sqrt{10/(5 + 2)} = 1,195.$$

Подставим в Выражения (4.3) – (4.5), предназначенные для определения ординат спектра реакций (в долях  $g$ ), значения  $a_g$ ,  $T_B$ ,  $T_C$ ,  $\eta$  и  $S$ :

$$\text{при } 0 \leq T \leq 0,375: S_e(T) = a_g \cdot S \left[ 1 + \frac{T}{T_B} (\eta \cdot 2,5 - 1) \right] = 0,4 \cdot 1,2 \left[ 1 + \frac{T}{0,375} (1,195 \cdot 2,5 - 1) \right] = 0,48(1 + 5,3T);$$

$$\text{при } 0,375 \leq T \leq 0,96: S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2,5 = 0,4 \times 1,2 \times 1,195 \times 2,5 = 1,434;$$

$$\text{при } 0,96 \leq T: S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2,5 \left[ \frac{T_C}{T} \right] = 0,4 \times 1,2 \times 1,195 \times 2,5 \times \left[ \frac{0,96}{T} \right] = \frac{1,37664}{T} \approx \frac{1,377}{T}.$$

2) Значения коэффициента  $\eta$  определяем с помощью Выражений (4.6) – (4.9), приведенных в настоящем Пособии:

$$\text{при } T \leq 1,0 \text{ с } \quad \eta = \rho;$$

$$\text{при } T \geq 1,0 \text{ с } \quad \eta = \rho(1/T)^\lambda$$

$$\rho = 1 + \frac{0,05 - 0,01\xi}{0,05 + 0,02\xi - 3(0,01\xi)^2} = 1 + \frac{0,05 - 0,01 \times 2}{0,05 + 0,02 \times 2 - 3(0,01 \times 2)^2} \approx 1,338,$$

$$\lambda = \frac{0,05 - 0,01\xi}{0,33 + 0,09\xi} = \frac{0,05 - 0,01 \times 2}{0,33 + 0,09 \times 2} \approx 0,0588.$$

Исходя из полученных значений  $\rho$  и  $\lambda$ :

$$\text{при } T \leq 1,0 \text{ с } \quad \eta = 1,338;$$

$$\text{при } T \geq 1,0 \text{ с } \quad \eta = \rho(1/T)^\lambda = 1,338(1/T)^{0,0588}.$$

Подставим в Выражения (4.3) – (4.5), предназначенные для определения ординат спектра реакций (в долях  $g$ ), значения  $a_g$ ,  $T_B$ ,  $T_C$ ,  $\eta$  и  $S$ :

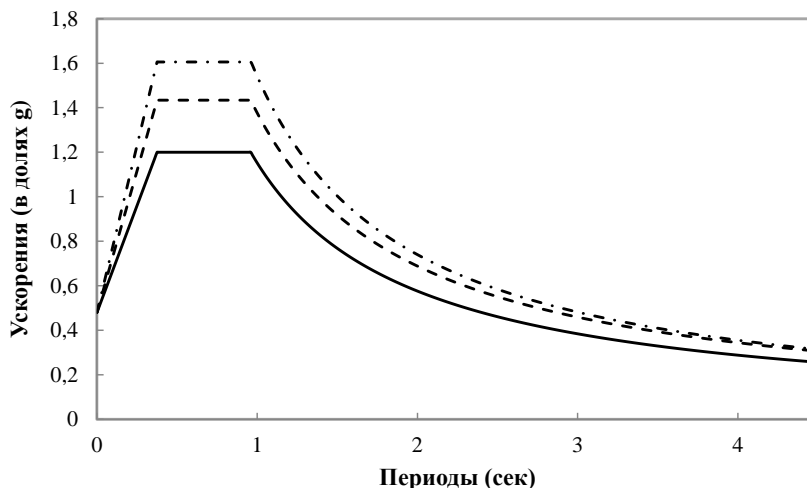
$$\text{при } 0 \leq T \leq 0,375: S_e(T) = a_g \cdot S \left[ 1 + \frac{T}{T_B} (\eta \cdot 2,5 - 1) \right] = 0,4 \cdot 1,2 \left[ 1 + \frac{T}{0,375} (1,338 \cdot 2,5 - 1) \right] = 0,48(1 + 6,253T);$$

$$\text{при } 0,375 \leq T \leq 0,96: S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2,5 = 0,4 \times 1,2 \times 1,338 \times 2,5 = 1,6056 \approx 1,606;$$

$$\text{при } 0,96 \leq T \leq 1,0: S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2,5 \left[ \frac{T_C}{T} \right] = 0,4 \times 1,2 \times 1,338 \times 2,5 \times \left[ \frac{0,96}{T} \right] = \frac{1,541}{T};$$

$$\text{при } 1,0 \leq T: S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2,5 \left[ \frac{T_C}{T} \right] = 0,4 \times 1,2 \times 1,338 \times \left( \frac{1}{T} \right)^{0,0588} \times 2,5 \times \left[ \frac{0,96}{T} \right] = \frac{1,541}{T^{1,0588}}.$$

На Рисунке 4.5 показаны общие виды спектров упругих реакций в ускорениях, построенных для значений коэффициентов вязкого демпфирования  $\xi = 5\%$  и  $\xi = 2\%$ .



**Рисунок 4.5 – Спектры реакций в ускорениях для горизонтальной компоненты сейсмического воздействия для  $\xi = 5\%$  и  $\xi = 2\%$**

Сплошной линией на Рисунке 4.5 показана форма спектра реакций, построенного при  $\xi = 5\%$  ( $\eta = 1,0$ ).

Пунктирной линией показана форма спектра реакций построенного при  $\xi = 2\%$  и значении коэффициента  $\eta$ , определенном с помощью Выражения (3.6) СП РК EN 1998-1:2004/2012.

Штрихпунктирной линией показана форма спектра реакций, построенного при  $\xi = 2\%$  и значениях коэффициента  $\eta$ , определенных с помощью Выражений (4.6) – (4.9) в настоящем Пособии.

Количественные значения ординат построенных спектров реакций приведены в Таблице 4.6.

**Таблица 4.6 – Значения спектров реакций для горизонтальной компоненты сейсмического воздействия (тип грунтовых условий – III;  $a_g = 0,4g$ ,  $\xi = 2\%$  и  $\xi = 5\%$ )**

Значения коэффициента $\xi$ , %	Выражения, для определения значения коэффициента $\eta$	Значения ординат спектра упругих реакций, в долях g, соответствующих значениям $T$ , с								
		0,000	0,375	0,960	1,000	1,200	1,800	2,000	2,400	3,000
5	$\eta = 1$	0,480	1,200	1,200	1,152	0,960	0,640	0,576	0,480	0,384
2	(3.6) СП РК EN 1998-1:2004/2012	0,480	1,434	1,434	1,377	1,147	0,765	0,688	0,574	0,459
2	(4.6) – (4.9) настоящего НТП	0,480	1,606	1,606	1,541	1,270	0,827	0,740	0,610	0,482

**ПРИМЕР 4**

*Дано:* количественные значения ординат спектра реакций в ускорениях соответствуют Примеру 1 к настоящему Разделу.

*Требуется:* построить спектр реакций в перемещениях для горизонтальной компоненты сейсмического воздействия.

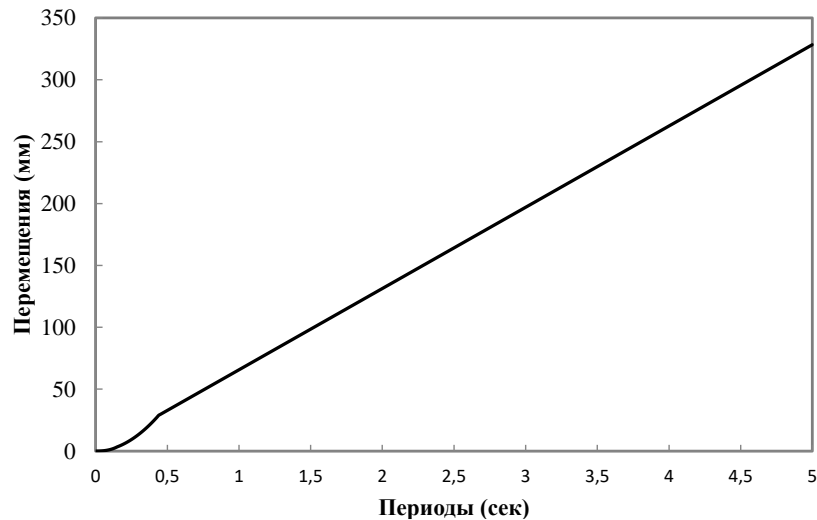
Ниже показано определение значений  $S_{De}$  по Выражению (4.10) для периодов  $T$ , равных 0,15 с; 1,0 с и 3,0 с.

$$S_{De}(T) = S_e(T) \left[ \frac{T}{2\pi} \right]^2 = 0,6 \cdot 9810 \left[ \frac{0,15}{2 \cdot 3,14} \right]^2 = 3,36 \text{ мм};$$

$$S_{De}(T) = S_e(T) \left[ \frac{T}{2\pi} \right]^2 = 0,264 \cdot 9810 \left[ \frac{1,0}{2 \cdot 3,14} \right]^2 = 65,67 \text{ мм};$$

$$S_{De}(T) = S_e(T) \left[ \frac{T}{2\pi} \right]^2 = 0,088 \cdot 9810 \left[ \frac{3,0}{2 \cdot 3,14} \right]^2 = 197,00 \text{ мм}.$$

Общий вид спектра реакций в перемещениях показан на Рисунке 4.6.



**Рисунок 4.6 – Спектр упругих реакций в перемещениях для горизонтальной компоненты сейсмического воздействия (тип грунтовых условий – ІБ;  $a_g = 0,2g$  и  $\xi = 5\%$ )**

Количественные значения ординат спектра реакций в ускорениях и перемещениях, вычисленные для некоторых периодов, приведены в Таблице 4.7.

**Таблица 4.7 – Значения спектров упругих реакций в ускорениях и перемещениях для горизонтальной компоненты сейсмического воздействия (тип грунтовых условий – ІБ;  $a_g = 0,2g$  и  $\xi = 5\%$ )**

$T, \text{ с}$	0	0,15	0,44	0,60	0,80	1,00	1,60	2,00	3,00
$S_e(T), \text{ в долях } g$	0,24	0,60	0,60	0,44	0,33	0,264	0,165	0,132	0,088
$S_{De}(T), \text{ мм}$	0,00	3,36	28,89	39,40	52,53	65,67	105,1	131,3	197,0

#### 4.2.3 Спектр упругих реакций для вертикальной компоненты сейсмического воздействия

4.2.3.1 Вертикальная компонента сейсмического воздействия должна быть представлена спектром упругих реакций  $S_{ve}(T)$ , определенным с использованием Выражений (4.11) – (4.14):

$$0 \leq T \leq T_{Bv} : S_{ve}(T) = a_{vg} \cdot S \cdot \left[ 1 + \frac{T}{T_{Bv}} \cdot (\eta \cdot 2,5 - 1) \right], \quad (4.11)$$

$$T_{Bv} \leq T \leq T_{Cv} : S_{ve}(T) = a_{vg} \cdot S \cdot \eta \cdot 2,5, \quad (4.12)$$

$$T_{Cv} \leq T \leq T_{Dv} : S_{ve}(T) = a_{vg} \cdot S \cdot \eta \cdot 2,5 \left[ \frac{T_{Cv}}{T} \right]^k, \quad (4.13)$$

$$T \geq T_{Dv} : S_{ve}(T) = a_{vg} \cdot S \cdot \eta \cdot 2,5 \left[ \frac{T_{Cv} T_{Dv}}{T^2} \right]^k, \quad (4.14)$$

где

$S_{ve}(T)$  – спектр упругих реакций для вертикальной компоненты;

$T$  – период колебаний линейной системы с одной степенью свободы в вертикальном направлении;

$a_{vg}$  – расчетное ускорение грунта в вертикальном направлении, определяется с помощью Таблицы 4.8;

$T_{Bv}$  – минимальное значение периода на постоянном участке графика спектральных ускорений для вертикальной компоненты;

$T_{Cv}$  – максимальное значение периода на постоянном участке графика спектральных ускорений для вертикальной компоненты;

$T_{Dv}$  – значение периода на ниспадающей ветви графика спектра упругих реакций для вертикальной компоненты;

$S$  – коэффициент, учитывающий сейсмические свойства грунта, принимаемый по Таблице 4.3;

$\eta$  – коэффициент коррекции по демпфированию с референтным значением  $\eta = 1$  для коэффициента вязкого демпфирования  $\zeta = 5\%$ ;

$k$  – значение экспоненты по Таблице 4.8.

ПРИМЕЧАНИЕ Выражения в 4.2.3.1, предназначенные для определения форм спектров упругих реакций вертикальных компонент сейсмических воздействий, приняты взамен Выражений в 3.2.2.3(1P) СП РК EN 1998-1:2004/2012.

4.2.3.2 Общий вид спектра упругих реакций для вертикальной компоненты сейсмического воздействия показан на Рисунке 4.7.

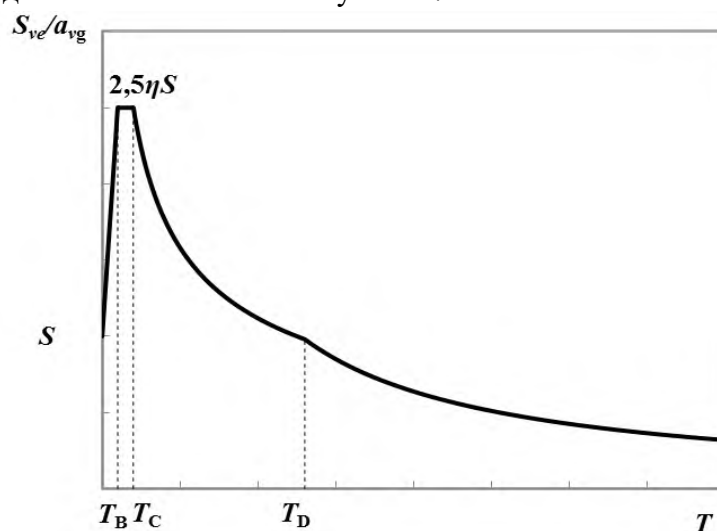


Рисунок 4.7 – Форма спектра упругих реакций для вертикальной компоненты сейсмических воздействий



Значения параметров, описывающих форму спектров упругих реакций в зависимости от типа грунтовых условий, приведены в Таблице 4.8.

**Таблица 3.11 – Значения параметров, описывающих спектры упругих реакций для вертикальных составляющих сейсмического воздействия**

Тип грунтовых условий по сейсмическим свойствам	$a_{vg}/a_g$ при			$T_{Bv}, c$	$T_{Cv}, c$	$T_{Dv}, c$	$k$
	$a_g \leq 0,12g$	$0,12g < a_g \leq 0,4g$	$a_g > 0,4g$				
IA	0,7	0,8	0,9	0,05	0,15	1,0	0,45
IB				0,10	0,20	1,3	0,50
II				0,10	0,20	2,0	0,40
III				0,10	0,20	2,0	0,40

**Примеры к Подразделу 4.2.3. Определение параметров спектров реакций для вертикальной компоненты сейсмического воздействия.**

**ПРИМЕР 1**

*Дано:*

- тип грунтовых условий площадки строительства – II;
- расчетное значение ускорения основания для горизонтальной компоненты сейсмического воздействия при типе грунтовых условий IA:  $a_g = 0,2g$ ;
- коэффициент вязкого демпфирования  $\zeta = 5\%$ .

*Требуется:* в соответствии с приведенными данными определить спектр упругих реакций для вертикальной компоненты сейсмического воздействия.

*Определение спектра реакций вертикальной компоненты сейсмического воздействия.*

В соответствии с данными Таблицы 4.8:

- минимальное значение периода  $T_{Bv}$  на постоянном участке графика спектральных ускорений составляет 0,10 с;
- максимальное значение периода  $T_{Cv}$  на постоянном участке графика спектральных ускорений составляет 0,20 с;
- значение периода  $T_{Dv}$  составляет 1,3 с;
- отношение  $a_{vg}/a_g = 0,8$ ;
- значение  $k = 0,5$ .

При  $\zeta = 5\%$  значение коэффициента коррекции по демпфированию  $\eta = 1,0$ .

При  $a_{vg}/a_g = 0,8$  значение  $a_{vg} = 0,16g$ .

Значение коэффициента  $S$ , характеризующего сейсмические свойства грунта, определяем с помощью соответствующего Выражения, приведенного в Таблице 4.3:

$$1,1 \leq S = (1,8 - 2 \cdot a_g/g) \leq 1,6$$

$$S = (1,8 - 2 \cdot a_g/g) = (1,8 - 2 \times 0,2) = 1,4$$

Принимаем  $S = 1,4$ .

## НТП РК 08-01.1-2012

Подставим в Выражения (4.11) – (4.14), предназначенные для определения ординат спектров упругих реакций (в долях  $g$ ) вертикальной компоненты сейсмического воздействия, значения  $a_{vg}$ ,  $T_B$ ,  $T_C$ ,  $T_D$ ,  $S$ ,  $\eta$  и  $k$ .

$$\text{При } 0 \leq T \leq 0,1: S_{ve}(T) = a_{vg} \cdot S \cdot \left[ 1 + \frac{T}{T_{Bv}} \cdot (\eta \cdot 2,5 - 1) \right] = 0,16 \times 1,4 \cdot \left[ 1 + \frac{T}{0,1} (1 \times 2,5 - 1) \right] = 0,224(1 + 15T);$$

$$\text{При } 0,10 \leq T \leq 0,20: S_{ve}(T) = a_{vg} \cdot S \cdot \eta \cdot 2,5 = 0,16 \times 1,4 \times 1 \times 2,5 = 0,64;$$

$$\text{При } 0,20 \leq T \leq 1,30: S_{ve}(T) = a_{vg} \cdot S \cdot \eta \cdot 2,5 \left[ \frac{T_{Cv}}{T} \right]^k = 0,16 \times 1,4 \times 1 \times 2,5 \times \left[ \frac{0,20}{T} \right]^{0,5} = \frac{0,25}{T^{0,5}};$$

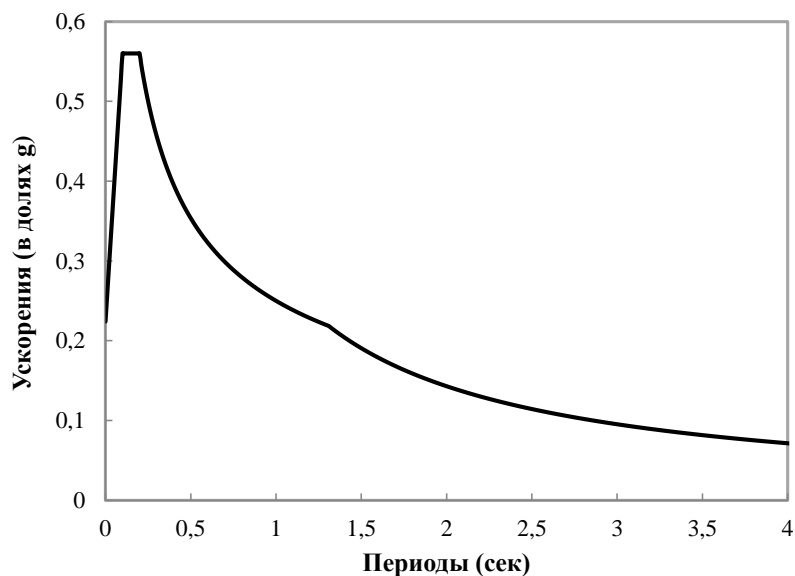
$$\text{При } T \geq 1,3: S_{ve}(T) = a_{vg} \cdot S \cdot \eta \cdot 2,5 \left[ \frac{T_{Cv} T_{Dv}}{T^2} \right]^k = 0,16 \times 1,4 \times 1 \times 2,5 \times \left[ \frac{0,2 \cdot 1,3}{T^2} \right]^{0,5} = \frac{0,286}{T}.$$

Количественные значения ординат спектра упругих реакций, вычисленные для некоторых периодов, приведены в Таблице 4.9.

**Таблица 4.9 – Значения ординат спектра упругих реакций для вертикальной компоненты (тип грунтовых условий – II;  $a_g = 0,2g$  и  $\zeta = 5\%$ )**

$T, c$	0	0,1	0,2	0,5	1,0	1,3	1,5	2,0	3,0
$S_{ve}(T), \text{ в долях } g$	0,224	0,56	0,56	0,353	0,25	0,219	0,191	0,143	0,095

Общий вид спектра реакций в ускорениях для вертикальной компоненты сейсмического воздействия показан на Рисунке 4.8.



**Рисунок 4.8 – Спектр реакций для вертикальной компоненты сейсмического воздействия (тип грунтовых условий – II;  $a_g=0,2g$  и  $\zeta=5\%$ )**

### 4.2.4 Расчетные перемещения и скорости грунта

4.2.4.1 Расчетное значение горизонтального перемещения грунта  $d_g$ , соответствующее расчетному значению ускорения грунта и принятой форме спектра упругих реакций для горизонтальных компонент сейсмического воздействия, следует оценивать посредст-

вом следующего Выражения, являющегося альтернативным по отношению к Выражению, приведенному в 3.2.2.4(1) СП РК EN 1998-1:2004/2012:

$$d_g = 0,075 \cdot a_g \cdot S \cdot T_C \cdot T_E, \quad (4.15)$$

где

$a_g$  – расчетное ускорение для типа грунтовых условий IA;

$S$  – коэффициент, характеризующий сейсмические свойства грунта;

$T_C$  – максимальное значение периода на постоянном участке стандартного графика спектральных ускорений, соответствующего рассматриваемому типу грунтовых условий;

$T_E$  – период колебаний, значение которого условно принято 2 с.

4.2.4.2 Расчетное значение горизонтальной скорости грунта  $v_g$ , соответствующее расчетному значению ускорения грунта и принятой форме спектра упругих реакций для горизонтальных компонент сейсмического воздействия, может быть оценено посредством следующего Выражения:

$$v_g = 0,25 \cdot a_g \cdot S \cdot T_C. \quad (4.16)$$

#### 4.2.5 Расчетные спектры для упругого анализа

4.2.5.1 [3.2.2.5(1)] Способность конструктивных систем противостоять сейсмическим воздействиям в области нелинейного деформирования, как правило, допускает возможность их проектирования на сейсмические нагрузки меньшие, чем определенные в предположении линейно-упругой реакции.

4.2.5.2 [3.2.2.5(2)] Сооружения обладают способностью диссипировать (рассеивать) энергию сейсмических колебаний за счет нелинейного поведения их элементов и/или иных механизмов. Эта способность позволяет избежать выполнения явного нелинейного анализа при проектировании, выполнив упругий расчет, основанный на спектре реакций, значения ординат которого уменьшены относительно значений ординат спектра упругих реакций. Спектр реакций с уменьшенными значениями ординат именуется в дальнейшем «расчетный спектр». Уменьшение спектра упругих реакций достигается посредством применения коэффициента поведения  $q$ .

4.2.5.3 [3.2.2.5(3)P] Коэффициент поведения  $q$  представляет собой приближенное значение соотношения сейсмических нагрузок, которые воздействовали бы на сооружение при его полностью упругой реакции и вязком демпфировании 5 %, к сейсмическим нагрузкам, которые могут использоваться при проектировании сооружения на основе обычной модели упругого расчета, обеспечивающей удовлетворительную реакцию сооружения.

Значение коэффициента поведения  $q$  может быть различным для разных горизонтальных направлений сооружения, но класс пластичности должен быть одинаковым во всех направлениях.

Значения коэффициента поведения  $q$ , учитывающие также влияние вязкого демпфирования, отличающегося от 5 %, приведены для разных материалов и конструктивных систем, согласно соответствующим им классам пластичности в Пособиях и Национальных Приложениях к СП РК EN 1998.

## НТП РК 08-01.1-2012

4.2.5.4 Для горизонтальной компоненты сейсмического воздействия, учитываемого при расчете зданий и сооружений, расчетный спектр  $S_d(T)$  определяется следующими Выражениями:

$$0 \leq T \leq T_B: S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \left[ \frac{2}{3} + \frac{T}{T_B} \cdot \left( \frac{2,5}{q} - \frac{2}{3} \right) \right], \text{ но не менее } a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q}; \quad (4.17)$$

$$T_B \leq T \leq T_C: S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q}; \quad (4.18)$$

$$T \geq T_C: S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q} \cdot \left[ \frac{T_C}{T} \right], \text{ но не менее } \beta \cdot a_g, \quad (4.19)$$

где

$a_g$ ,  $S$ ,  $T_B$  и  $T_C$  – определены в 4.2.2.1;

$S_d(T)$  – расчетный спектр для горизонтальной компоненты сейсмического воздействия;

$q$  – коэффициент поведения;

$\beta$  – показатель нижней границы расчетного спектра для горизонтальных компонент, принимаемый  $0,2 \cdot S$ .

**ПРИМЕЧАНИЕ** Форма расчетных спектров реакций для горизонтальных компонент сейсмических воздействий, определяемая Выражениями в 4.2.5.4 настоящего Пособия, принята взамен формы, определяемой Выражениями в 3.2.2.5(4)Р СП РК EN 1998-1:2004/2012.

4.2.5.5 Для вертикальной компоненты сейсмических воздействий расчетный спектр  $S_{dv}(T)$  определяется следующими Выражениями, альтернативными Выражениям, принятым в СП РК EN 1998-1:2004/2012:

$$0 \leq T \leq T_{Bv}: S_{vd}(T) = a_{vg} \cdot S \cdot \left[ \frac{2}{3} + \frac{T}{T_{Bv}} \cdot \left( \frac{2,5}{q} - \frac{2}{3} \right) \right], \text{ но не менее } a_{vg} \cdot S \cdot \frac{2,5}{q}; \quad (4.20)$$

$$T_{Bv} \leq T \leq T_{Cv}: S_{vd}(T) = a_{vg} \cdot S \cdot \frac{2,5}{q}; \quad (4.21)$$

$$T_{Cv} \leq T \leq T_{Dv}: S_{vd}(T) = a_{vg} \cdot S \cdot \frac{2,5}{q} \cdot \left[ \frac{T_{Cv}}{T} \right]^k, \text{ но не менее } \beta \cdot a_{vg}, \quad (4.22)$$

$$T_{Dv} \leq T: S_{vd}(T) = a_{vg} \cdot S \cdot \frac{2,5}{q} \cdot \left[ \frac{T_{Cv} T_{Dv}}{T^2} \right]^k, \text{ но не менее } \beta \cdot a_{vg}, \quad (4.23)$$

где

$a_{vg}$ ,  $T_{Bv}$ ,  $T_{Cv}$  и  $T_{Dv}$  – определены в 4.2.3.1.

$S_{vd}(T)$  – расчетный спектр для вертикальной компоненты сейсмического воздействия;

$q$  – коэффициент поведения;

$\beta$  – показатель нижней границы расчетного спектра для вертикальной компоненты, принимаемый равным  $0,2 \cdot S$ .

$k$  – значение экспоненты по Таблице 4.8.

**ПРИМЕЧАНИЕ 1** Форма расчетных спектров реакций для вертикальных компонент сейсмических воздействий, определяемая Выражениями в 4.2.5.5 настоящего Пособия, принята взамен формы, определяемой в 3.2.2.5(5) СП РК EN 1998-1:2004/2012.

**ПРИМЕЧАНИЕ 2** Целесообразность увеличения значений  $S_d$  и  $S_{vd}$  в диапазонах периодов  $0 \leq T \leq T_B$  и  $0 \leq T \leq T_{Bv}$  объясняется следующим:

– при сейсмических воздействиях периоды колебаний очень жестких конструктивных систем ( $T < T_B$ ), в результате развития в их конструкциях и основаниях пластических деформаций, могут существенно увеличиваться и, как следствие, могут увеличиваться приходящиеся на них сейсмические нагрузки;

– расчетные значения периодов собственных колебаний очень жестких конструктивных систем, из-за недостаточно точного описания условий их взаимодействия с основанием, как правило, определяются со значимыми погрешностями по отношению к действительным значениям.

Принятые значения  $S_d$  и  $S_{vd}$  в диапазонах периодов  $0 \leq T \leq T_B$  и  $0 \leq T \leq T_{Bv}$  исключают возможность возникновения ситуаций, при которых очень жесткие конструктивные системы могут оказаться в положении существенно худшем, чем это предусмотрено результатами линейно-упругих расчетов.

4.2.5.6 [3.2.2.5(6)] Для вертикальной компоненты сейсмического воздействия коэффициент поведения  $q$ , как правило, принимается не более 1,5 для всех материалов и конструктивных систем.

4.2.5.7 [3.2.2.5(7)] Значения  $q$ , принятые для вертикального направления более 1,5, должны быть обоснованы соответствующим анализом.

4.2.5.8 [3.2.2.5(8)] Расчетные спектры, представленные выше, не являются достаточными для проектирования сооружений с сейсмоизолирующим фундаментом или с системами диссипации энергии.

### Примеры к Подразделу 4.2.5. Определение расчетных спектров

#### ПРИМЕР 1

*Дано:*

- тип грунтовых условий площадки строительства – II;
- расчетное значение ускорения основания для горизонтальной компоненты сейсмического воздействия при типе грунтовых условий IA:  $a_g = 0,4g$ ;
- вариант 1 – значение коэффициента поведения  $q = 3$ ;
- вариант 2 – значение коэффициента поведения  $q = 5$ .

*Требуется:* в соответствии с приведенными данными определить расчетные спектры реакций для горизонтальных компонент сейсмического воздействия при  $q = 3$  и  $q = 5$ .

*Определение расчетных спектров реакции для горизонтальных компонент при 1)  $q = 3$  и 2)  $q = 5$ .*

В соответствии с данными Таблицы 4.2:

- минимальное значение периода  $T_B$  на постоянном участке графика спектральных ускорений равно 0,25 с;
- максимальное значение периода  $T_C$  на постоянном участке графика спектральных ускорений равно 0,64 с.

В соответствии с данными Таблицы 4.3 определяем значение коэффициента  $S$  с помощью Выражения:

**НТП РК 08-01.1-2012**

$$1,1 \leq S = (1,8 - 2 \cdot a_g/g) \leq 1,6,$$

$$S = (1,8 - 2 \cdot a_g/g) = (1,8 - 2 \times 0,4) = 1,0$$

Принимаем  $S = 1,1$ .

Подставим в Выражения (4.17)–(4.19) значения  $a_g$ ,  $q$ ,  $T_B$ ,  $T_C$  и  $S$ :

1) коэффициент поведения  $q = 3$ :

$$\text{при } 0 \leq T \leq 0,25: S_d(T) \begin{cases} = a_g \cdot S \left[ \frac{2}{3} + \frac{T}{T_B} \left( \frac{2,5}{q} - \frac{2}{3} \right) \right] = 0,4 \cdot 1,1 \cdot \left[ \frac{2}{3} + \frac{T}{0,25} \cdot \left( \frac{2,5}{3} - \frac{2}{3} \right) \right] = 0,2933(1+T) \\ \geq a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q} = 0,4 \cdot 1,1 \cdot \frac{2,5}{3} = 0,3667 \end{cases} ;$$

$$\text{при } 0,25 \leq T \leq 0,64: S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q} = 0,4 \cdot 1,1 \cdot \frac{2,5}{3} = 0,3667;$$

$$\text{при } 0,64 \leq T: S_d(T) \begin{cases} = a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q} \cdot \left[ \frac{T_C}{T} \right] = \left\{ = 0,4 \cdot 1,1 \cdot \frac{2,5}{3} \cdot \left[ \frac{0,64}{T} \right] = \frac{0,2346}{T} \right. \\ \left. \geq \beta \cdot a_g = 0,2 \cdot 1,1 \cdot 0,4 = 0,088 \right\} = \begin{cases} = \frac{0,2346}{T} \\ \geq 0,088 \end{cases} .$$

2) коэффициент поведения  $q = 5$ :

$$\text{при } 0 \leq T \leq 0,25: S_d(T) \begin{cases} = a_g \cdot S \left[ \frac{2}{3} + \frac{T}{T_B} \left( \frac{2,5}{q} - \frac{2}{3} \right) \right] = 0,4 \cdot 1,1 \cdot \left[ \frac{2}{3} + \frac{T}{0,25} \left( \frac{2,5}{5} - \frac{2}{3} \right) \right] = 0,2933 \cdot (1-T) \\ \geq a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q} = 0,4 \cdot 1,1 \cdot \frac{2,5}{5} = 0,22 \end{cases} ;$$

$$\text{при } 0,25 \leq T \leq 0,64: S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q} = 0,4 \cdot 1,1 \cdot \frac{2,5}{5} = 0,22;$$

$$\text{при } 0,64 \leq T: S_d(T) \begin{cases} = a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q} \cdot \left[ \frac{T_C}{T} \right] = \left\{ = 0,4 \cdot 1,1 \cdot \frac{2,5}{5} \cdot \left[ \frac{0,64}{T} \right] = \frac{0,1408}{T} \right. \\ \left. \geq \beta \cdot a_g = 0,2 \cdot 1,1 \cdot 0,4 = 0,088 \right\} = \begin{cases} = \frac{0,1408}{T} \\ \geq 0,088 \end{cases} .$$

Количественные значения ординат спектров упругих реакций, вычисленные для некоторых периодов  $T$  при  $q = 3$  и  $q = 5$ , приведены в Таблицах 4.10 и 4.11.

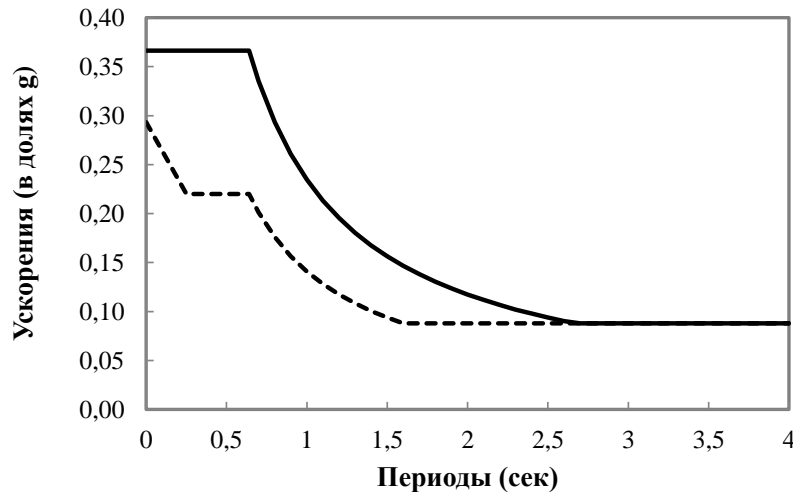
**Таблица 4.10 – Значения ординат расчетного спектра для горизонтальной компоненты сейсмического воздействия (тип грунтовых условий II,  $a_g = 0,4g$  и  $q = 3$ )**

$T, c$	0	0,25	0,64	1,00	1,20	1,80	2,00	2,40	3,00
$S_c(T)$ , в долях $g$	0,367	0,367	0,367	0,235	0,195	0,130	0,117	0,098	0,088

**Таблица 4.11 – Значения ординат расчетного спектра для горизонтальной компоненты сейсмического воздействия (тип грунтовых условий II;  $a_g = 0,4g$  и  $q = 5$ )**

$T, c$	0	0,25	0,64	1,00	1,20	1,80	2,00	2,40	3,00
$S_c(T)$ , в долях $g$	0,293	0,220	0,220	0,141	0,117	0,088	0,088	0,088	0,088

Общий вид расчетных спектров реакций для горизонтальной компоненты сейсмического воздействия при  $q = 3$  и  $q = 5$  показан на Рисунке 4.9.



**Рисунок 4.9 – Расчетные спектры реакций в ускорениях для горизонтальной компоненты сейсмического воздействия (тип грунтовых условий II;  $a_g=0,4g$ ;  $S=1,1$ ) при  $q=3$  (сплошная линия) и  $q=5$  (пунктирная линия)**

#### ПРИМЕР 2

*Дано:*

- тип грунтовых условий площадки строительства – II;
- расчетное значение ускорения грунта для горизонтальной компоненты сейсмического воздействия при типе грунтовых условий IA:  $a_g = 0,4g$ ;
- значение коэффициента поведения  $q = 1,5$ .

*Требуется:* в соответствии с приведенными данными определить расчетный спектр реакций для вертикальной компоненты сейсмического воздействия.

*Определение расчетного спектра реакций для вертикальной компоненты.*

В соответствии с данными Таблицы 4.8:

- минимальное значение периода  $T_{Bv}$  на постоянном участке графика спектральных ускорений составляет 0,10 с;
- максимальное значение периода  $T_{Cv}$  на постоянном участке графика спектральных ускорений составляет 0,20 с;
- значение периода  $T_{Dv}$  составляет 1,3 с;
- отношение  $a_{vg}/a_g = 0,8$ ;
- значение  $k = 0,5$ .

При  $a_{vg}/a_g = 0,8$  значение  $a_{vg} = 0,32g$ .

Значение коэффициента  $S$ , характеризующего сейсмические свойства грунта, определяем с помощью Выражения, приведенного в Таблице 4.3:

$$1,1 \leq S = (1,8 - 2 \cdot a_g/g) \leq 1,6$$

$$S = (1,8 - 2a_g/g) = (1,8 - 0,8) = 1,0$$

Принимаем  $S = 1,1$ .

Подставим в Выражения (4.19)–(4.22), предназначенные для определения ординат спектров реакций (в долях g) вертикальных компонент, значения  $a_{vg}$ ,  $T_{Bv}$ ,  $T_{Cv}$ ,  $T_{Dv}$ ,  $q$  и  $k$ .

**НТП РК 08-01.1-2012**

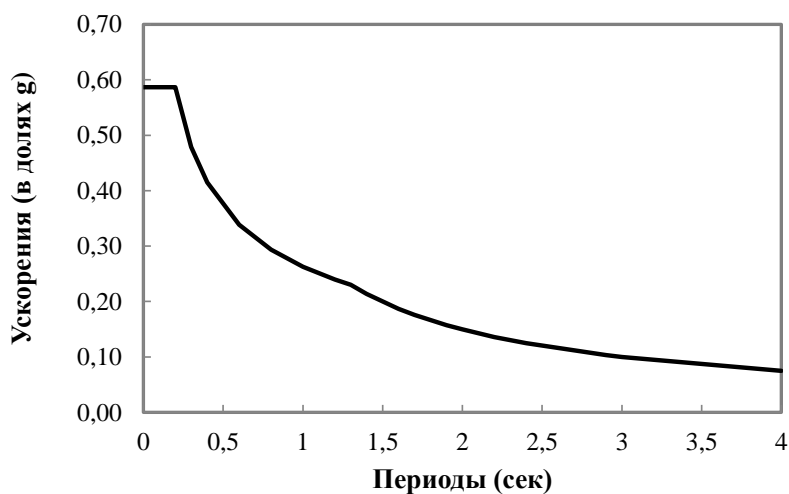
$$\text{при } 0 \leq T \leq 0,1: S_{vd}(T) \begin{cases} = a_{vg} \cdot S \left[ \frac{2}{3} + \frac{T}{T_{Bv}} \left( \frac{2,5}{q} - \frac{2}{3} \right) \right] = 0,32 \times 1,1 \times \left[ \frac{2}{3} + \frac{T}{0,1} \left( \frac{2,5}{1,5} - \frac{2}{3} \right) \right] = 0,2347(1+15T) \\ \geq a_{vg} \cdot S \cdot \frac{2,5}{q} = 0,32 \times 1,1 \times \frac{2,5}{1,5} = 0,5867 \end{cases} ;$$

$$\text{при } 0,1 \leq T \leq 0,2: S_{vd}(T) = a_{vg} \cdot S \cdot \frac{2,5}{q} = 0,32 \cdot 1,1 \cdot \frac{2,5}{1,5} = 0,5867;$$

$$\text{при } 0,2 \leq T \leq 1,3: S_{vd}(T) \begin{cases} = a_{vg} \cdot S \cdot \frac{2,5}{q} \cdot \left[ \frac{T_{Cv}}{T} \right]^k = \begin{cases} = 0,32 \cdot 1,1 \cdot \frac{2,5}{1,5} \cdot \left[ \frac{0,2}{T} \right]^{0,5} = \frac{0,2624}{T^{0,5}} \\ \geq 0,2 \cdot S \cdot a_{vg} = 0,2 \cdot 1,1 \cdot 0,32 = 0,0704 \end{cases} \\ \geq \beta \cdot a_{vg} \end{cases} = \begin{cases} = \frac{0,2624}{T^{0,5}} \\ \geq 0,0704 \end{cases} ;$$

$$\text{при } 1,3 \leq T: S_{vd}(T) \begin{cases} = a_{vg} \cdot S \cdot \frac{2,5}{q} \cdot \left[ \frac{T_{Cv} T_{Dv}}{T^2} \right]^k = \begin{cases} = 0,32 \cdot 1,1 \cdot \frac{2,5}{1,5} \cdot \left[ \frac{0,2 \cdot 1,3}{T^2} \right]^{0,5} = \frac{0,2991}{T} \\ \geq 0,2 \cdot S \cdot a_{vg} = 0,2 \cdot 1,1 \cdot 0,32 = 0,0704 \end{cases} \\ \geq \beta \cdot a_{vg} \end{cases} = \begin{cases} = \frac{0,2991}{T} \\ \geq 0,0704 \end{cases} .$$

Общий вид расчетного спектра упругих реакций для вертикальной компоненты показан на Рисунке 4.10. Количественные значения ординат спектра упругих реакций, вычисленные для некоторых периодов при  $q = 1,5$ , приведены в Таблице 4.12.



**Рисунок 4.10 – Расчетный спектр реакций в ускорениях для вертикальной компоненты сейсмического воздействия (тип грунтовых условий IA,  $a_g = 0,4g$  и  $q = 1,5$ )**

**Таблица 4.12 – Значения ординат расчетного спектра для вертикальной компоненты сейсмического воздействия (тип грунтовых условий IA,  $a_g = 0,4g$  и  $q = 1,5$ )**

$T, c$	0	0,1	0,2	0,5	1,0	1,3	1,5	2,0	3,0
$S_e(T)$ , в долях g	0,5867	0,5867	0,5867	0,3711	0,2624	0,2301	0,1994	0,1496	0,0997



### 4.3 Альтернативные представления сейсмического воздействия

#### 4.3.1 Представление сейсмического воздействия во временном виде

##### 4.3.1.1 Общие сведения

4.3.1.1.1 [3.2.3.1.1(1)P] Сейсмические воздействия могут быть представлены в виде зависимостей, характеризующих сейсмические движения грунтов во времени в ускорениях и в связанных с ними величинах (скоростях и перемещениях).

4.3.1.1.2 [3.2.3.1.1(3)] В зависимости от специфики применения и фактически имеющейся информации описание сейсмического воздействия может быть выполнено с использованием искусственных (см. 4.3.1.2), инструментальных (см. 4.3.1.3) или синтезированных акселерограмм (см. 4.3.1.4).

4.3.1.1.3 При выполнении расчетов зданий и сооружений с использованием плоских расчетных моделей, сейсмическое воздействие может быть представлено акселерограммами, характеризующими однонаправленные движения основания.

4.3.1.1.4 Комплекты искусственных, инструментальных или синтезированных акселерограмм, применяемые при расчетах зданий и сооружений с использованием плоских расчетных моделей, должны удовлетворять следующим условиям [3.2.3.1.2(4)]:

- а) содержать, как минимум, три акселерограммы;
- б) среднее значение спектрального ускорения на нулевом периоде, вычисленное по отдельным акселерограммам, должно быть не менее чем значение  $a_g \cdot S$  для рассматриваемой площадки;
- в) в диапазоне периодов  $0,2T_1 - 2T_1$  (где  $T_1$  – период собственных колебаний здания или сооружения в секундах по основному тону в направлении, для которого будет применяться акселерограмма) ни одно среднее значение спектральных ускорений, вычисленных при  $\xi = 5\%$  по отдельным акселерограммам, не должно быть меньше 90 % соответствующих значений заданного стандартного спектра реакций для демпфирования 5 % (см. 4.2.2 и 4.2.3).

**ПРИМЕЧАНИЕ 1** Спектры реакций, с инженерных позиций, являются наиболее объективными показателями сейсмической опасности землетрясений и в наглядной форме содержат сведения, характеризующие эффект сейсмических воздействий на сооружения. Расчетные сейсмические воздействия, представленные комплектами искусственных, инструментальных и синтезированных акселерограмм, соответствующих 4.3.1.1.4 в), обладают большей устойчивостью по отношению к случайным факторам, чем произвольно выбранные акселерограммы.

**ПРИМЕЧАНИЕ 2** Под стандартными спектрами реакций здесь и далее понимаются спектры упругой реакции, построенные при 5 % вязком демпфировании для горизонтальных и вертикальных компонент сейсмических воздействий в соответствии с пунктами 4.2.2 и 4.2.3 настоящего Пособия.

4.3.1.1.5 [3.2.3.1.1(2)P] При выполнении расчетов зданий и сооружений с использованием пространственных расчетных моделей, сейсмическое воздействие должно быть представлено тремя одновременно учитываемыми акселерограммами – двумя акселерограммами для ортогональных горизонтальных направлений и одной для

## НТП РК 08-01.1-2012

вертикального направления. Упрощения возможны в соответствии с положениями СП РК EN 1998, имеющими к этому отношение.

4.3.1.1.6 Комплекты двухкомпонентных и трехкомпонентных искусственных, инструментальных или синтезированных акселерограмм, применяемые при расчетах зданий и сооружений с использованием пространственных расчетных моделей, должны удовлетворять следующим условиям:

а) содержать, как минимум, три двухкомпонентные или трехкомпонентные акселерограммы;

б) среднее значение спектрального ускорения на нулевом периоде, вычисленное по акселерограммам, характеризующим однонаправленные горизонтальные движения основания, должно быть не меньше, чем значение  $a_g \cdot S$  для рассматриваемой площадки;

в) в диапазоне периодов  $0,2T_1 - 2T_1$  (где  $T_1$  – период собственных колебаний здания или сооружения в секундах по основному тону в горизонтальном направлении, для которого будут применяться акселерограммы) ни одно среднее значение спектральных ускорений, вычисленных при  $\zeta = 5\%$  по однонаправленным акселерограммам:

– отнесенным к одному из значимых горизонтальных направлений здания или сооружения (далее условно именуемому «направление X»), не должно быть меньше 90 % соответствующих значений заданного стандартного спектра реакций;

– отнесенным к другому горизонтальному направлению здания или сооружения (ортогональному направлению X и далее условно именуемому «направление Y»), как правило, не должно быть меньше 90 % соответствующих значений заданного стандартного спектра реакций, умноженных на коэффициент  $\omega$ . Значения коэффициент  $\omega$  следует определять из Выражения:

$$\omega(T) = 0,001T^3 - 0,015T^2 + 0,015T + 1,0 \leq 1,0, \quad (4.24)$$

где  $T$  – период, для которого вычисляются значения коэффициента  $\omega$ .

ПРИМЕЧАНИЕ Акселерограммы для ортогональных направлений X и Y являются одновременно учитываемыми (см. 4.3.1.1.5).

При расчете здания или сооружения расчетное горизонтальное сейсмическое воздействие, представленное акселерограммами для «направления X», должно быть приложено вдоль всех значимых горизонтальных направлений здания или сооружения (принимаемых в зависимости от компоновки конструкций в здании или сооружении), а воздействие, представленное акселерограммами для направления Y – вдоль ортогональных им горизонтальным направлений.

4.3.1.1.7 Спектры реакций, построенные по записям вертикальных компонент сейсмических движений грунта, должны соответствовать положениям пункта 4.3.1.1.4 только в тех случаях, когда вертикальное направление является определяющим для сейсмостойкости сооружения или его элементов.

4.3.1.1.8 Спектры реакций, построенные по искусственным, инструментальным и синтезированным акселерограммам, следует сравнивать со стандартными спектрами реакций, построенными в соответствии с 4.2.2 и 4.2.3:

– в диапазоне периодов, соответствующем положениям пунктов 4.3.1.1.4 в) и 4.3.1.1.6 в);

– при интервалах между предыдущими и последующими периодами не превышающих 10 % от предыдущего периода.

4.3.1.1.9 [3.2.3.1.1(2)P] Одинаковые искусственные, инструментальные или синтезированные акселерограммы не должны применяться одновременно для двух или трех направлений. Упрощения возможны в соответствии с положениями СП РК EN 1998, имеющими к этому отношение.

4.3.1.1.10 Искусственные, инструментальные или синтезированные акселерограммы, применяемые для расчета зданий и сооружений, допускается масштабировать таким образом, что бы построенные по ним спектры реакций соответствовали положениям 4.3.1.1.5 б), 4.3.1.1.5 в).

Масштабирование акселерограмм допускается осуществлять только по амплитудам. Масштабирование акселерограмм по временной оси (например, за счет изменения шага их дискретизации) не допускается.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Допустимые пределы масштабирования инструментальных акселерограмм по амплитудам в настоящее время не имеют строгих ограничений. Рекомендуемые максимальные величины масштабирующих коэффициентов, как правило, не должны превышать значения 2 – 3.

4.3.1.1.11 [3.2.3.1.3(2)P] При оценке эффектов усиления сейсмических воздействий в зависимости от грунтовых условий и при проверках динамической устойчивости склонов следует пользоваться положениями 2.2 СП РК EN 1998-5:2004.

4.3.1.1.12 Искусственные, инструментальные или синтезированные акселерограммы, применяемые для расчета зданий и сооружений, должны быть соответствующим образом проверены и, при необходимости, скорректированы для устранения дрейфа нулевой линии и искажений, обусловленных приборными погрешностями или особенностями принятых методов построения акселерограмм.

4.3.1.1.13 [4.3.3.4.3(3)] Если реакции сооружения были установлены по результатам не менее семи нелинейных расчетов во временной области, выполненных с применением записей движений грунта соответствующих подразделу 4.3.1, то при соответствующих проверках по 4.4.2.2 СП РК EN 1998-1:2004/2012 в качестве расчетного значения эффекта воздействия  $E_d$ , следует принимать среднюю величину реакции, определенную по всем этим расчетам. В ином случае из этих расчетов в качестве  $E_d$  следует принимать самое неблагоприятное значение величины реакции.

4.3.1.1.14 Расчеты зданий и сооружений с применением искусственных, инструментальных и синтезированных акселерограмм, как правило, следует выполнять при участии научно-исследовательских организаций, специализирующихся в области сейсмостойкого строительства.

### 4.3.1.2 Искусственные акселерограммы

4.3.1.2.1 [3.2.3.1.2(1)P] Искусственные акселерограммы должны быть сгенерированы таким образом, чтобы построенные по ним спектры упругих реакций соответствовали спектрам, приведенным в 4.2.2 и 4.2.3 для 5 % вязкого демпфирования.

4.3.1.2.2 Спектры упругих реакций, по которым генерируются искусственные акселерограммы, должны быть построены для диапазона периодов не менее  $0,2T_1 - 2T_1$  (где  $T_1$  – период собственных колебаний здания или сооружения в секундах по основному тону в направлении, для которого будет применяться акселерограмма) и не менее, чем от 0,15 с до 2,00 с.

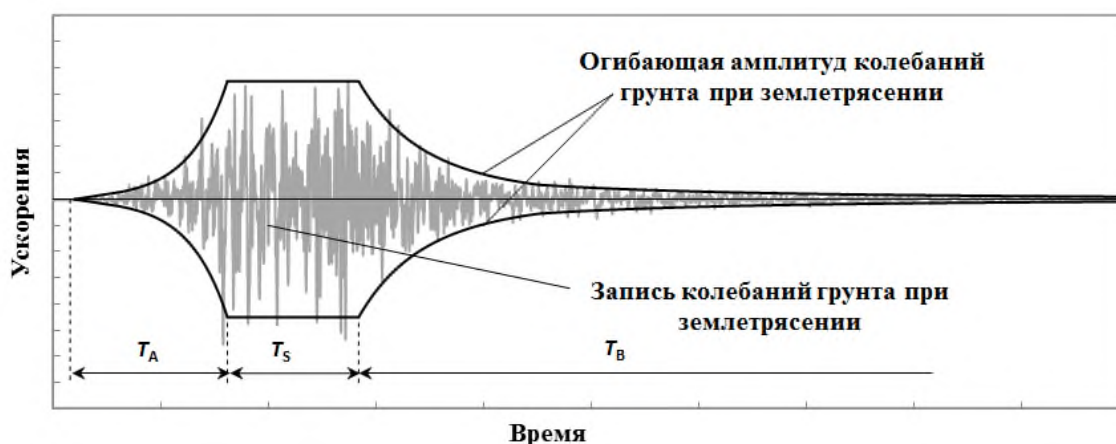
## НТП РК 08-01.1-2012

4.3.1.2.3 Искусственные акселерограммы, применяемые для расчета зданий и сооружений с сейсмоизолирующими фундаментами, должны соответствовать заданным спектрам реакций, построенным для диапазона периодов, верхний предел которого составляет не менее  $1,2T_{is}$ , где  $T_{is}$  – эффективный период колебаний сейсмоизолированной системы в состоянии, рассматриваемом как предельно допустимое.

4.3.1.2.4 [3.2.3.1.2(2)P] Огибающая амплитуд акселерограмм, их длительность и значения пиковых ускорений должны соответствовать магнитуде и иным особенностям сейсмического события, влияющим на параметры акселерограмм.

4.3.1.2.5 Общий вид огибающей амплитуд акселерограммы, как правило, должен соответствовать показанному на Рисунке 4.11.

Интервалы времени, соответствующие участкам нарастания амплитуд ( $T_A$ ), установившихся амплитуд ( $T_S$ ) и спаду амплитуд ( $T_B$ ) зависят от магнитуды землетрясения, грунтовых условий площадки и ее расположения относительно очага землетрясения.



- $T_A$  – время нарастания амплитуд;
- $T_S$  – время установившихся амплитуд;
- $T_B$  – время спада амплитуд.

**Рисунок 4.11 – Типичный вид огибающей амплитуд колебаний грунта в ускорениях**

4.3.1.2.6 [3.2.3.1.2(3)] При отсутствии в полном объеме необходимых данных об особенностях площадки строительства, минимальную продолжительность  $T_S$ , установившейся части искусственных акселерограмм, следует принимать не менее 10 с.

4.3.1.2.7 Общую длительность искусственных акселерограмм следует принимать не менее 25 с.

4.3.1.2.8 При генерировании двухкомпонентных или трехкомпонентных акселерограмм следует обеспечивать их статистическую независимость. Две акселерограммы считаются статистически независимыми, если абсолютное значение коэффициента корреляции не превышает 0,3.

ПРИМЕЧАНИЕ Примеры построения искусственных акселерограмм даны в Приложении А.

### 4.3.1.3 Инструментальные акселерограммы

4.3.1.3.1 [3.2.3.1.3(1)P] Инструментальные акселерограммы могут быть применены для расчетов зданий и сооружений при условии, что они соответствующим образом

нормированы по отношению к особенностям сейсмогенных источников, расстояниям до эпицентров и разломов, грунтовым условиям рассматриваемой площадки и отвечают положениям 4.3.1.1.4 и 4.3.1.1.6.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Инструментальные записи сильных землетрясений:

– в общем случае описывают сейсмическое воздействие в виде трехкомпонентных записей движений грунта во времени (для двух горизонтальных и вертикального направлений);

– содержат наиболее достоверную информацию о количественных параметрах движений грунтов при сейсмических событиях – амплитудах, частотном составе, продолжительности, фазовых характеристиках, соотношениях между горизонтальными и вертикальными компонентами и др.;

– объективно отражают определенные закономерности распространения сейсмических волн от сейсмогенных источников и влияние местных инженерно-геологических условий на сейсмические движения грунта в пункте регистрации.

4.3.1.3.2 Для расчетов зданий и сооружений на сейсмические воздействия, заданные инструментальными записями землетрясений, рекомендуется применять записи, полученные:

а) при землетрясениях, характерных для рассматриваемой зоны по магнитуде, особенностям очага и интенсивности;

б) в пунктах, расположенных примерно на тех же расстояниях от очагов реальных землетрясений и тектонических нарушений, что и рассматриваемая площадка.

в) в пунктах, имеющих примерно те же сейсмогеологические и поверхностные грунтовые условия, что и рассматриваемая площадка строительства;

4.3.1.3.3 При отсутствии достаточного количества инструментальных записей, в полной мере соответствующих положениям пункта 4.3.1.3.2, в комплекты инструментальных записей, формируемых для расчетов зданий и сооружений, допускается включать инструментальные записи, требования к которым в части поверхностных грунтовых условий и механизма очага землетрясения могут не соблюдаться.

**ПРИМЕЧАНИЕ** В случае соответствия спектра реакций, построенного по инструментальной записи, заданному стандартному спектру реакций, положение 4.3.1.3.2 в) имеет второстепенное значение.

4.3.1.3.4 Для упрощения процедуры формирования комплекта инструментальных записей, соответствующих положениям 4.3.1.1.4 и 4.3.1.1.6, рекомендуется соблюдать положения, приведенные в Приложении Б.

**ПРИМЕЧАНИЕ** В Приложении Б даны примеры формирования комплекта инструментальных акселерограмм.

#### **4.3.1.4 Синтезированные акселерограммы**

4.3.1.4.1 [3.2.3.1.3(1)P] Акселерограммы, синтезированные посредством моделирования механизма сейсмогенного источника и путей распространения сейсмических волн,

## НТП РК 08-01.1-2012

могут быть применены при условии, что эти акселерограммы соответствующим образом нормированы по отношению к особенностям сейсмогенных источников и грунтовых условий, характерным для площадки рассматриваемой зоны, и отвечают положениям 4.3.1.1.5.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Метод синтезирования сейсмических воздействий является в ряде случаев единственным способом получения информации о движениях грунтов на площадках, расположенных, например, вблизи очагов редких сильных землетрясениях.

Метод синтезирования акселерограмм чаще всего применяется при разработке возможных сценариев сейсмических событий. Подходы к построению синтезированных акселерограмм основываются на данных о свойствах очагов землетрясений и физико-механических свойствах среды на пути распространения сейсмических волн.

При синтезировании акселерограмм необходимо учитывать реалистичные данные о региональных особенностях сейсмической зоны, что возможно только при высокой степени изученности ее сеймотектонических и грунтовых условий, а также достоверных моделях разломов. Построение синтезированных акселерограмм относится к прерогативе специалистов в области инженерной сейсмологии и в настоящем Пособии не рассматривается.

### 4.3.2 Пространственная модель сейсмического воздействия

4.3.2.1 [3.2.3.2(1)P] Для расчета сооружений с особыми характеристиками, для которых нельзя обоснованно предположить одинаковое сейсмическое возмущение во всех опорных точках (постоянное во времени поле ускорений), необходимо использовать пространственные модели сейсмического воздействия (см. Примечание 2 к пункту 4.2.1.1).

4.3.2.1 [3.2.3.2(2)P] Указанные пространственные модели должны согласовываться со спектрами упругих реакций, используемыми для базового представления сейсмического воздействия, согласно 4.2.2 и 4.2.3.

### 4.4 Комбинации сейсмических воздействий с другими воздействиями

4.4.1 [3.2.4(1)P] Расчетное значение  $E_d$  эффектов воздействий в сейсмической расчетной ситуации следует определять в соответствии с 6.4.3.4 СП РК EN 1990:2002+A1: 2005/ 2011.

4.4.2 В соответствии с положениями 6.4.3.4(1) и (2) СП РК EN 1990:2002+A1: 2005/2011 Выражение для определения расчетного значения  $E_d$  эффектов воздействий в сейсмической расчетной ситуации может быть представлено в следующем общем виде:

$$E_d = E\{G_{k,j}; P; A_{Ed}; (\psi_{2,i} Q_{k,i})\} \quad j \geq 1; i > 1. \quad (4.25)$$

где  $E$  – эффект воздействий;

$E_d$  – расчетное значение эффекта воздействий;

Комбинация воздействий, указанная в скобках  $\{ \}$ , может быть представлена следующим образом:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} "+" P "+" A_{Ed} "+" \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} Q_{k,i} \quad (4.26)$$

где

"+" – «должен комбинироваться с ...»;

$\Sigma$  – «комбинированный эффект от ...»;

$G_{k,j}$  – характеристическое значение постоянного воздействия  $j$ ;

$P$  – определяющее репрезентативное значение усилия предварительного напряжения (см. СП РК EN 1992 – СП РК EN 1996 и СП РК EN 1998 – СП РК EN 1999);

$A_{Ed}$  – расчетное значение сейсмического воздействия ( $= \gamma_I \cdot A_{Ek}$ );

$\psi_{2,i}$  – коэффициент к квазипостоянному значению переменного воздействия ( $i$ );

$Q_{k,i}$  – характеристическое значение сопутствующего переменного воздействия  $i$  (сопутствующего воздействия).

4.4.3 [3.2.4(2)P] Инерционные эффекты расчетных сейсмических воздействий должны быть проанализированы с учетом наличия масс, связанных со всеми гравитационными нагрузками, входящими в следующие комбинации воздействий:

$$\Sigma G_{k,j} "+" \Sigma \psi_{E,i} \cdot Q_{k,i}, \quad (4.27)$$

где  $\psi_{E,i}$  – коэффициент комбинирования для переменного воздействия  $i$  (см. 4.2.4 СП РК EN 1998-1:2004/2011).

4.4.4 [3.2.4(3)] Коэффициенты комбинирования  $\psi_{E,i}$  учитывают вероятность того, что нагрузки  $Q_{k,i}$  не полностью присутствуют в сооружении во время землетрясения. Эти коэффициенты могут также учитывать уменьшенное участие масс в движении сооружения из-за нежестких связей между ними.

4.4.5 [3.2.4(3)] Значения  $\psi_{2,i}$  приведены в СП РК EN 1990:2002+A1:2005/2011 (Приложение A1), а значения  $\psi_{E,i}$  для зданий или других типов сооружений даны в соответствующих Частях СП РК EN 1998 и соответствующих Пособиях к ним.

**Приложение А**  
(информационное)

**Построение искусственных акселерограмм по заданным спектрам реакций**

В настоящем Приложении приведены примеры построения искусственных акселерограмм по заданным спектрам реакций. Построение искусственных акселерограмм осуществлялось с использованием методик, базирующихся на двух принципиально разных концепциях.

Первая концепция предложена в [1–5 и др.] и основывается на переходе от заданного спектра упругих реакций к функции спектральной плотности и к построению гауссовского случайного стационарного процесса, который затем умножается на заданную функцию огибающей генерируемого сейсмического процесса. Фазовые коэффициенты вычисляются как случайные величины, равномерно распределенные в интервале  $0 - 2\pi$ .

Вторая концепция предложена в [6, 7 и др.] и основывается на корректировке заданной инструментальной записи реального землетрясения таким образом, чтобы построенный по ней спектр упругих реакций соответствовал заданному спектру реакций. Корректировка заданной инструментальной акселерограммы осуществляется путем ее вейвлет-преобразования – масштабирования в большую или меньшую сторону, фильтрации в частотной области, а также добавления или удаления элементарных импульсов.

Генерирование искусственных акселерограмм, как по первой, так и по второй концепции, представляет собой итерационный процесс, продолжающийся до тех пор, пока спектр, построенный по искусственной акселерограмме, не будет с приемлемой точностью соответствовать заданному спектру.

Первая концепция построения искусственных акселерограмм реализована в программах «THGE» [3], «SIMQKE» [8] и ряде других, в том числе в программе «ГЕНЕЗИС», разработанной в РГП «КазНИИССА» [9] в соответствии с методикой [2].

Вторая концепция построения искусственных акселерограмм реализована в программах «PRSMATCH [6] и «SeismoMatch» [10].

**ПРИМЕЧАНИЕ** Более подробно с указанными концепциями построения искусственных акселерограмм можно ознакомиться в соответствующих публикациях (см. Приложении В).

При построении искусственных акселерограмм в качестве заданных спектров реакций могут использоваться стандартные спектры реакций и спектры реакций, соответствующие сейсмическим движениям грунтов при реальных или гипотетических землетрясениях.

Ниже приведены примеры построения искусственных акселерограмм по заданным стандартным спектрам реакций с помощью программ «ГЕНЕЗИС» и «SeismoMatch».



## Примеры построения искусственных акселерограмм

ПРИМЕР 1 Построение искусственной акселерограммы для горизонтального направления с помощью программы «ГЕНЕЗИС».

*Дано:*

- площадка с грунтовыми условиями типа ИБ;
- расчетное ускорение основания  $a_g \cdot S$  для удобства последующего масштабирования акселерограммы условно принято равным  $1g$ ;
- форма заданного спектра упругих реакций для  $\xi = 5\%$  соответствует 4.2.2;
- диапазон периодов, для которых строился заданный спектр упругих реакций, составлял от 0,03 с до 12,00 с;
- общее количество периодов, для которых определялись значения спектральных ускорений: 69;
- максимальная частота, учитываемая при генерировании акселерограммы – 20 Гц;
- общая длительность огибающей сейсмических движений грунта 50 с, в том числе: время нарастания амплитуд  $T_A = 3$  с; время установившихся амплитуд  $T_S = 10$  с; время спада амплитуд  $T_B = 37$  с.

*Требуется:* построить искусственную акселерограмму для горизонтального направления, соответствующую положениям 4.3.1.1.4 б) и 4.3.1.1.4 в) и предназначенную для применения при расчете зданий и сооружений с периодами колебаний по основному тону в горизонтальном направлении от 0,03 с до 4,00 с.

*Результаты расчетов,* выполненных по программе «ГЕНЕЗИС», представлены в графическом виде на Рисунках А.1 и А.2.

Построенная запись сейсмических движений грунта характеризуется следующими пиковыми значениями амплитуд:

- ускорение – 1,172g;
- скорость – 99,2 см/с;
- перемещение – 84,7 см.

Шаг дискретизации искусственной акселерограммы 0,0244 с, а количество точек цифровки – 2048.

Спектр реакций, построенный по искусственной акселерограмме, сравнивался с заданным спектром в диапазоне периодов от 0,15 с до 8,00 с.

В указанном диапазоне периодов (при интервалах 0,01 с между предыдущими и последующими периодами) значения спектральных ускорений на всех периодах, вычисленные по искусственной акселерограмме, отличались в меньшую сторону от соответствующих значений заданного стандартного спектра реакций максимум на 8,5 %.

**ПРИМЕЧАНИЕ** На периодах, которые были приняты при описании формы заданного спектра, спектральные ускорения, соответствующие спектру, построенному по синтезированной акселерограмме, отличались от спектральных ускорений заданного спектра в большую и меньшую стороны до 4 %.

Построенная искусственная акселерограмма может применяться при расчете зданий и сооружений с периодами колебаний по основному тону в горизонтальном направлении до 4 с.

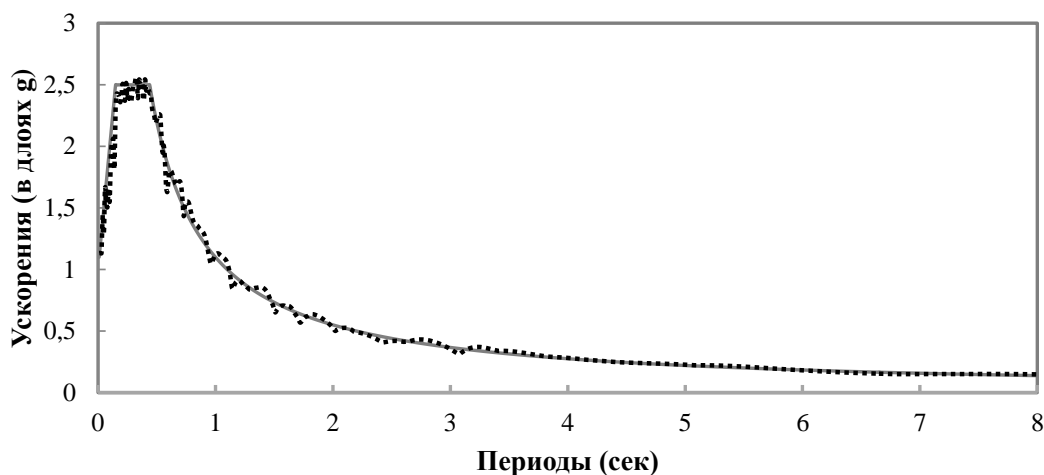


Рисунок А.1 – Спектры реакций, построенные по синтезированной акселерограмме (пунктирная линия) и в соответствии с 4.2.2 (сплошная линия)

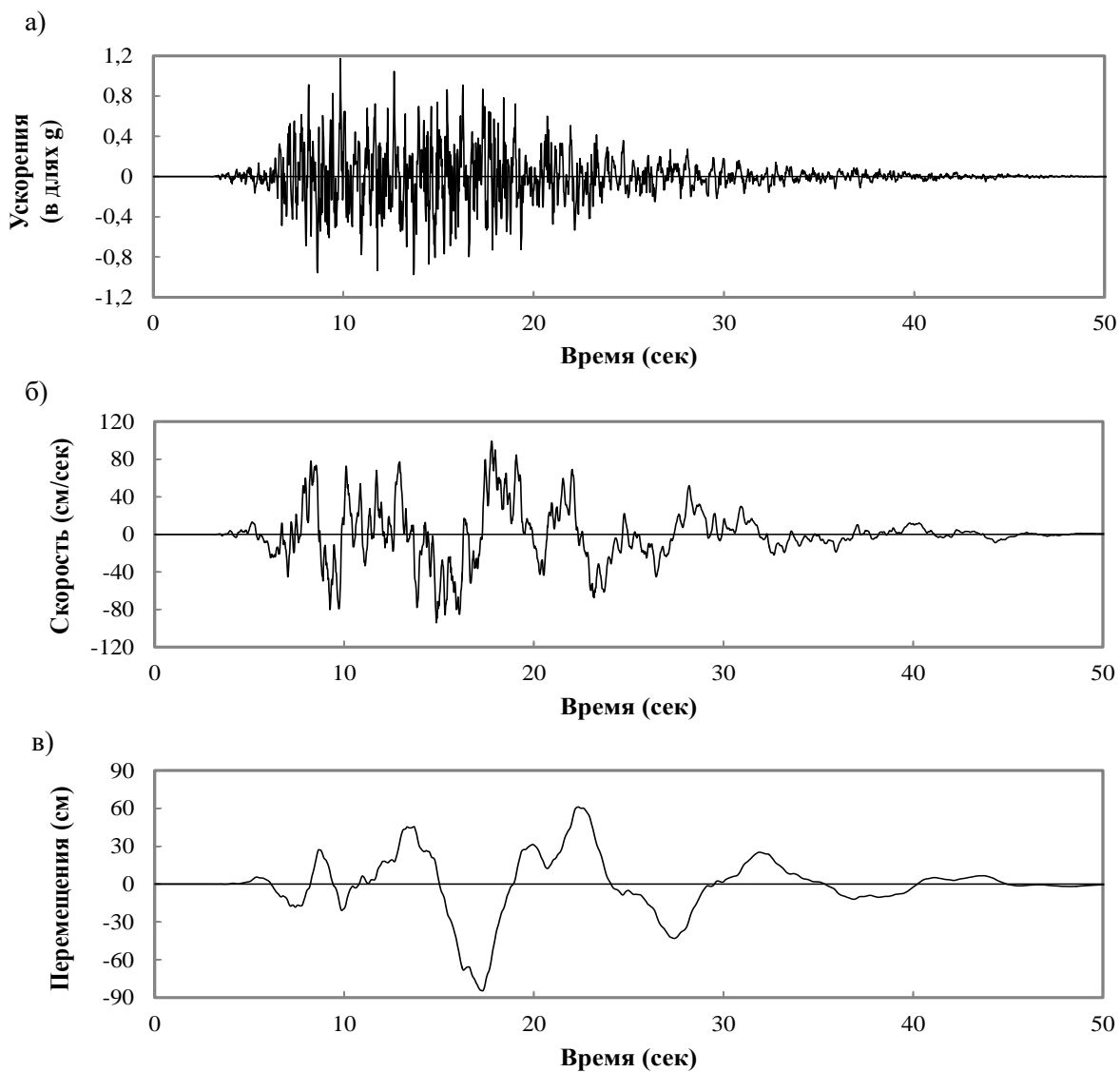


Рисунок А.2 –Процесс горизонтальных движений грунта в ускорениях (а), скоростях (б) и перемещениях (в)

ПРИМЕР 2 Построение искусственной акселерограммы для вертикального направления с помощью программы «ГЕНЕЗИС».

*Дано:*

- площадка с грунтовыми условиями типа II;
- расчетное ускорение основания  $a_{vg} \cdot S$ , для удобства последующего масштабирования акселерограммы, условно принято равным 1g;
- форма заданного спектра упругих реакций для  $\xi = 5\%$  соответствует 4.2.3;
- диапазон периодов, для которых строился заданный спектр реакций, составлял от 0,01 с до 8,00 с; общее количество периодов, для которых определялись значения спектральных ускорений – 69;
- максимальная частота, учитываемая при генерировании акселерограммы – 20 Гц;
- общая длительность огибающей сейсмических движений грунта 50 с, в том числе: время нарастания амплитуд  $T_A = 3$  с; время установившихся амплитуд  $T_S = 10$  с; время спада амплитуд  $T_B = 37$  с.

*Требуется:* построить искусственную акселерограмму для вертикального направления, предназначенную для применения при расчете зданий и сооружений с периодами колебаний по основному тону в вертикальном направлении от 0,01 с до 3,0 с и соответствующую положениям 4.3.1.1.4 б) и 4.3.1.1.4 в).

*Результаты расчетов*, выполненных по программе «ГЕНЕЗИС», представлены в графическом виде на Рисунках А.3 и А.4.

Построенная запись сейсмических движений грунта характеризуется следующими пиковыми значениями амплитуд:

- ускорение – 1,096g;
- скорость – 111,4 см/с;
- перемещение – 66,8 см.

Шаг дискретизации искусственной акселерограммы 0,0122 с, а количество точек цифровки – 4096.

Спектр реакций, построенный по искусственной акселерограмме, сравнивался с заданным спектром в диапазоне периодов от 0,01 с до 6,00 с.

В указанном диапазоне периодов (при интервалах 0,01 с между предыдущими и последующими периодами) значения спектральных ускорений на всех периодах, вычисленные по искусственной акселерограмме, отличались в меньшую сторону от соответствующих значений заданного стандартного спектра реакций максимум на 10 %.

Построенная искусственная акселерограмма может применяться при расчете зданий и сооружений с периодами колебаний по основному тону в вертикальном направлении до 3 с.

**ПРИМЕЧАНИЕ 1** На периодах, которые были приняты при описании формы заданного спектра, спектральные ускорения, соответствующие спектру, построенному по синтезированной акселерограмме, отличались от спектральных ускорений заданного спектра в большую и меньшую стороны до 6 %.

**ПРИМЕЧАНИЕ 2** Следует учитывать, что искусственные акселерограммы, построенные в соответствии с первой концепцией, даже если их длительность соответствует сейсмическим и геологическим условиям рассматриваемой площадки, могут описывать сейсмические воздействия в виде процессов с чрезмерно большим количеством циклов высокочастотных движений и соответственно с нереалистичной энергией.

По этой причине нормы некоторых стран не допускают применять искусственные акселерограммы, построенные в соответствии с первой концепцией, при расчетах геотехнических сооружений.

Наиболее целесообразная область применения искусственных акселерограмм, построенных в соответствии с первой концепцией – это, если иное не установлено по результатам специальных исследований, расчеты среднeperиодных и длиннопериодных объектов.

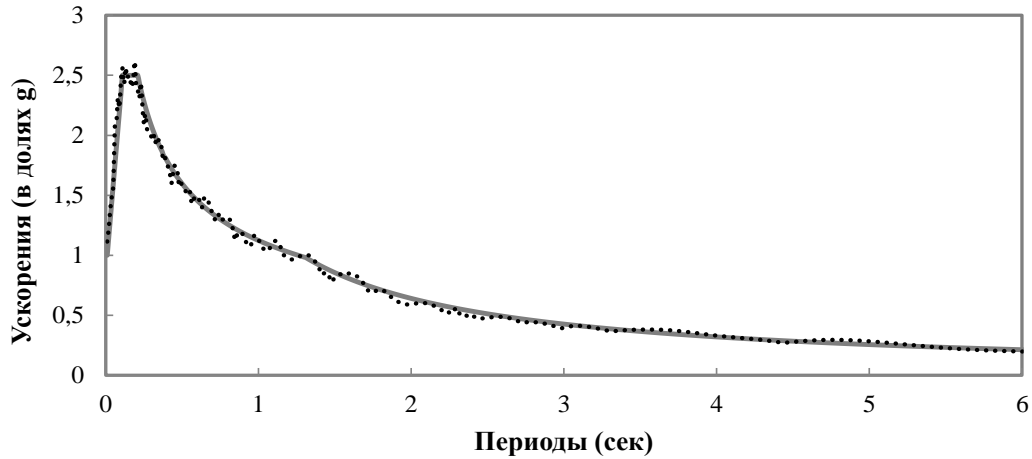


Рисунок А.3 – Спектры реакций, построенные по синтезированной акселерограмме (пунктирная линия) и в соответствии с 4.2.3 (сплошная линия)

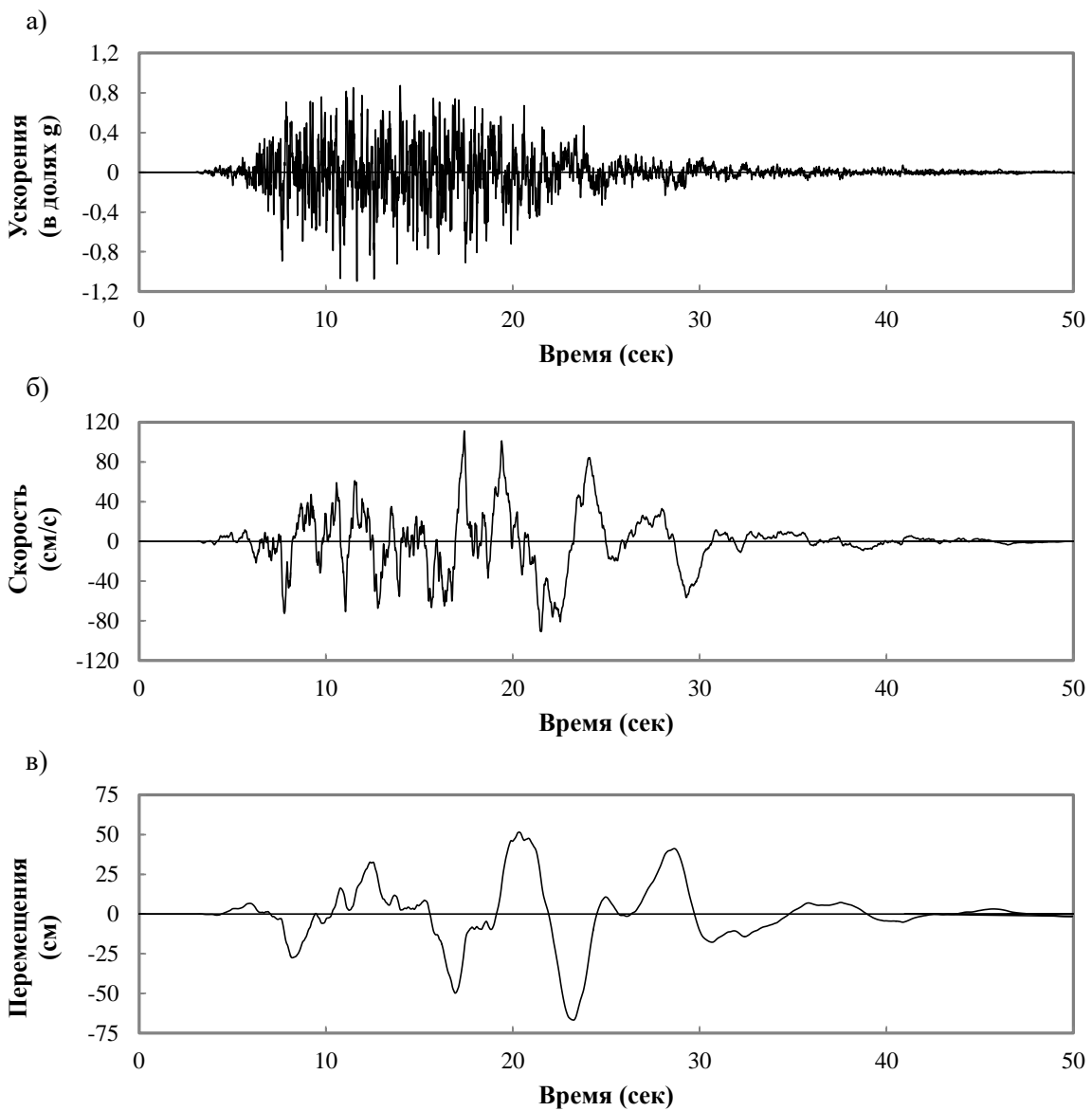


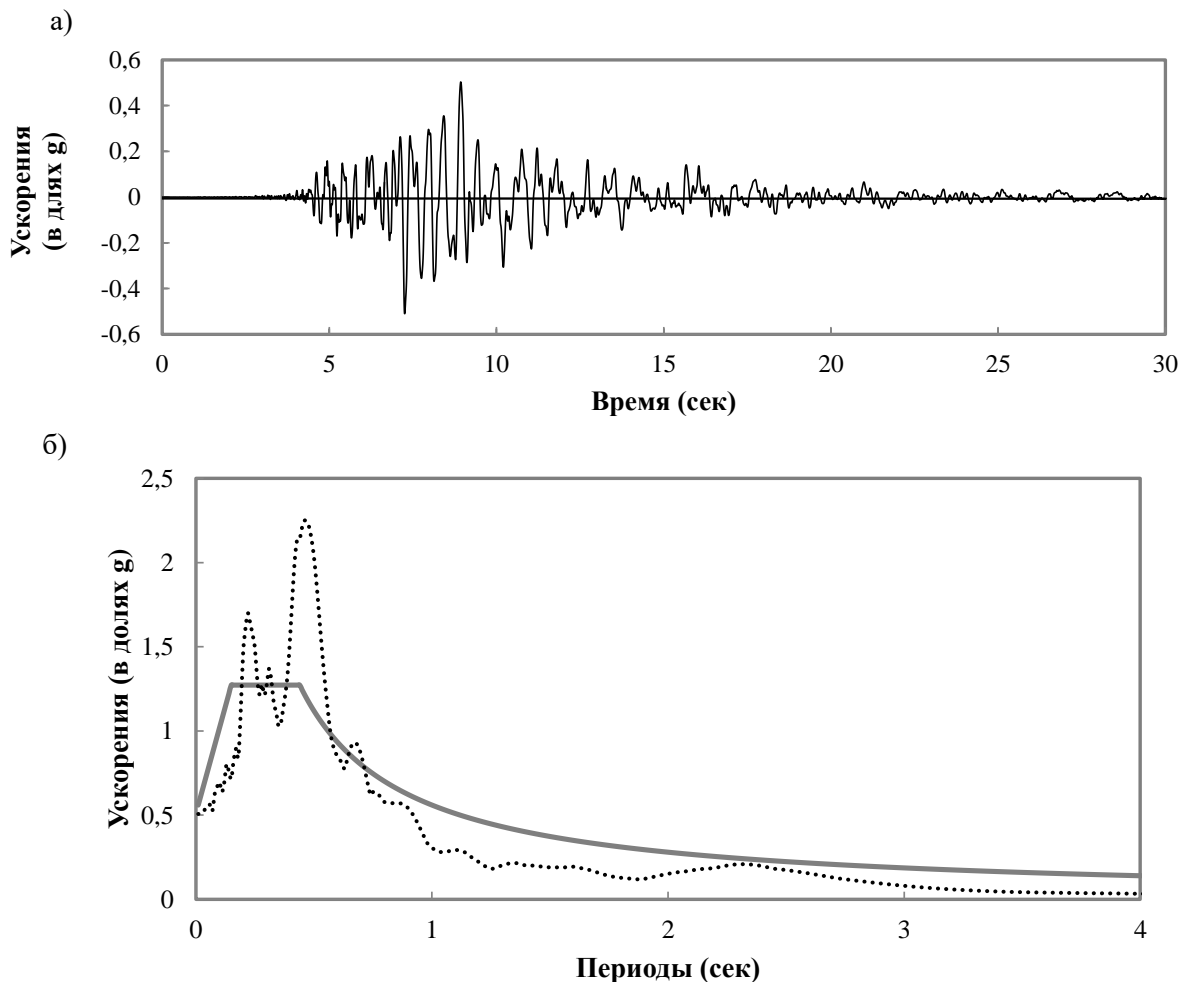
Рисунок А.4 – Процесс вертикальных движений грунта в ускорениях (а), скоростях (б) и перемещениях (в)

ПРИМЕР 3 Построение искусственной акселерограммы с помощью программы «SeismoMatch».

Дано:

- площадка с грунтовыми условиями типа ИБ;
- расчетное ускорение основания  $a_g \cdot S$ , принято 0,5g;
- в качестве заданной акселерограммы принята инструментальная запись землетрясения «Кобе» (Япония, 01.16.1995 г.): магнитуда землетрясения  $M = 6,9$ ; глубина очага 20 км; тип смещений по разлому – горизонтальный сдвиг;
- заданная инструментальная запись землетрясения была получена на площадке с грунтовыми условиями типа ИБ ( $V_{S30} = 609$  м/с); на расстояниях 8,7 км от эпицентра землетрясения и 7,08 км от разлома, к которому был приурочен очаг землетрясения;
- форма заданного спектра упругих реакций для  $\xi = 5\%$  соответствует 4.2.2; диапазон периодов, для которых строился заданный спектр реакций от 0,0 с до 4,0 с; общее количество периодов, для которых определялись значения спектральных ускорений – 40.

Общий вид заданной инструментальной акселерограммы и спектров реакций, построенных по акселерограмме, и в соответствии с 4.2.2, показаны на Рисунке А.5.



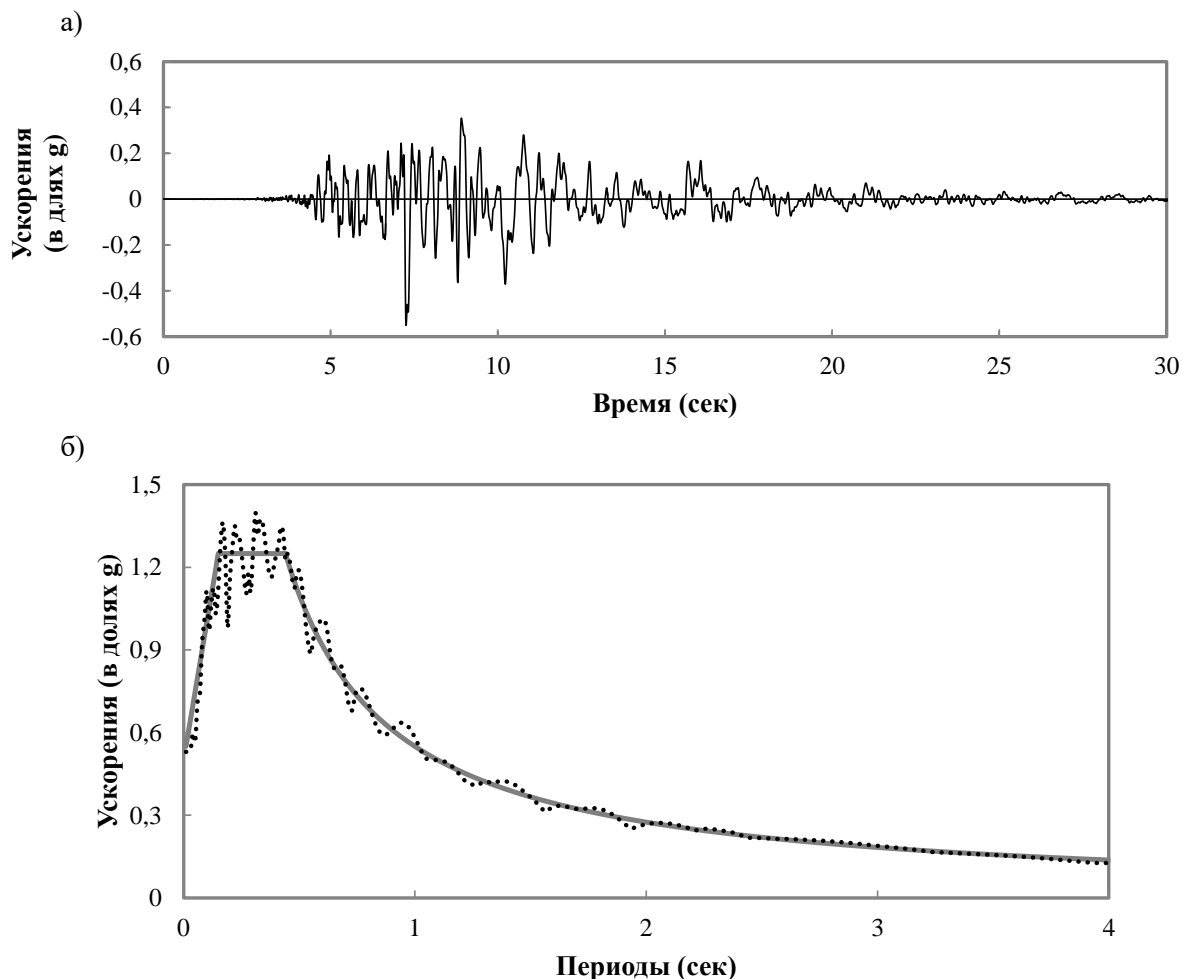
**Рисунок А.5 – Заданная акселерограмма (а) и спектры реакций (б), построенные по заданной акселерограмме (пунктирная линия) и в соответствии с 4.2.2 (сплошная линия)**

Заданная инструментальная запись характеризует сейсмические движения грунта следующими максимальными значениями амплитуд: ускорение – 0,509g; скорость – 37,3 см/с; перемещение – 9,54 см.

## НТП РК 08-01.1-2012

Требуется: построить искусственную акселерограмму, соответствующую исходным данным и положениям 4.3.1.1.4 б) и 4.3.1.1.4 в).

Результаты выполненных расчетов представлены на Рисунке А.6.



**Рисунок А.6 – Искусственная акселерограмма (а) и спектры реакций (б), построенные по искусственной акселерограмме (пунктирная линия) и в соответствии с 4.2.2 (сплошная линия)**

Построенная искусственная запись характеризует сейсмические движения грунта следующими значениями максимальных амплитуд: ускорения – 0,554g; скорости – 55,6 см/с; перемещения – 18,7 см.

Шаг дискретизации искусственной акселерограммы 0,01 с, а количество точек цифровки – 4096.

В диапазоне периодов от 0,2 с до 4,0 с (при интервалах между предыдущими и последующими периодами 0,01 с) значения спектральных ускорений, вычисленные по искусственной акселерограмме, отличались в меньшую сторону от соответствующих значений заданного спектра реакций не более чем на 10 %.

Построенная искусственная акселерограмма может быть применена при расчете сооружений с периодами собственных колебаний по основному тону от 1,0 с до 2,0 с.

**ПРИМЕР 4** Построение искусственной акселерограммы с помощью программы «SeismoMatch».

Дано:

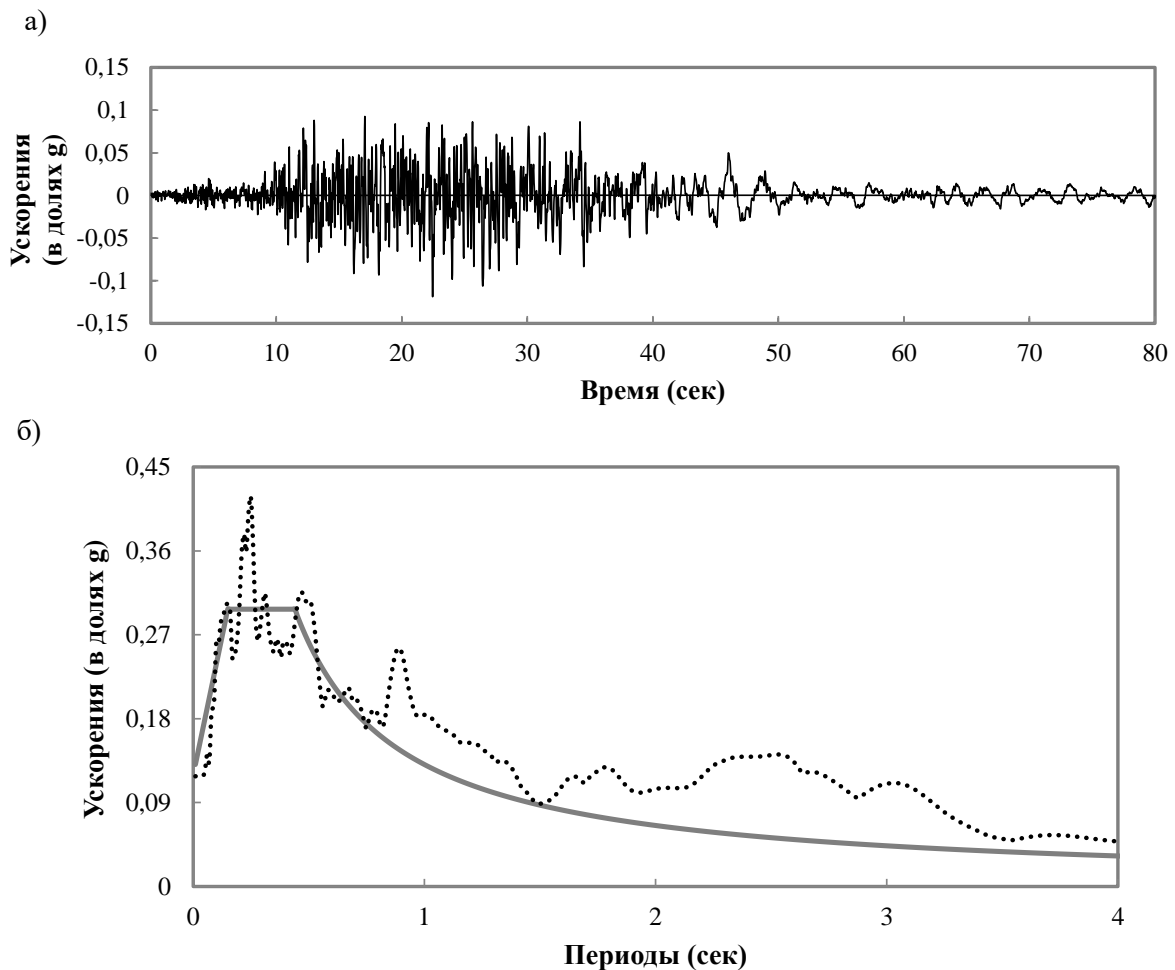
- площадка с грунтовыми условиями типа ИБ;
- расчетное ускорение основания  $a_g \cdot S$ , принято 0,12g;

– в качестве заданной акселерограммы принята инструментальная запись землетрясения «Landers» (США, 28.06.1992 г.): магнитуа землетрясения  $M=7,3$ ; глубина очага 15 км; тип смещений по разлому – горизонтальный сдвиг;

– заданная инструментальная запись землетрясения была получена на площадке с грунтовыми условиями типа II ( $V_{S30}=271,4$  м/с); на расстоянии 75,2 км от эпицентра землетрясения и 69,21 км от разлома, к которому был приурочен очаг землетрясения;

– форма заданного спектра упругих реакций для  $\xi = 5\%$  соответствует 4.2.2; диапазон периодов, для которых строился заданный спектр реакций от 0,0 с до 4,0 с; общее количество периодов, для которых определялись значения спектральных ускорений – 46.

Общий вид заданной инструментальной акселерограммы и спектров реакций, построенных по заданной акселерограмме и в соответствии с 4.2.2, показаны на Рисунке А.7.



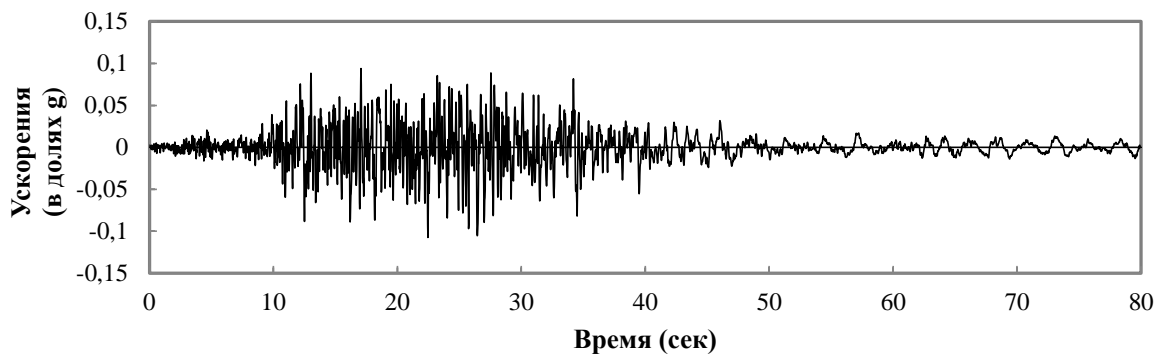
**Рисунок А.7 – Заданная акселерограмма (а) и спектры реакций (б), построенные по заданной акселерограмме (пунктирная линия) и в соответствии с 4.2.2 (сплошная линия)**

Заданная инструментальная запись характеризует сейсмические движения грунта следующими максимальными значениями амплитуд: ускорение – 0,12g; скорость – 16,9 см/с; перемещение – 12,6 см.

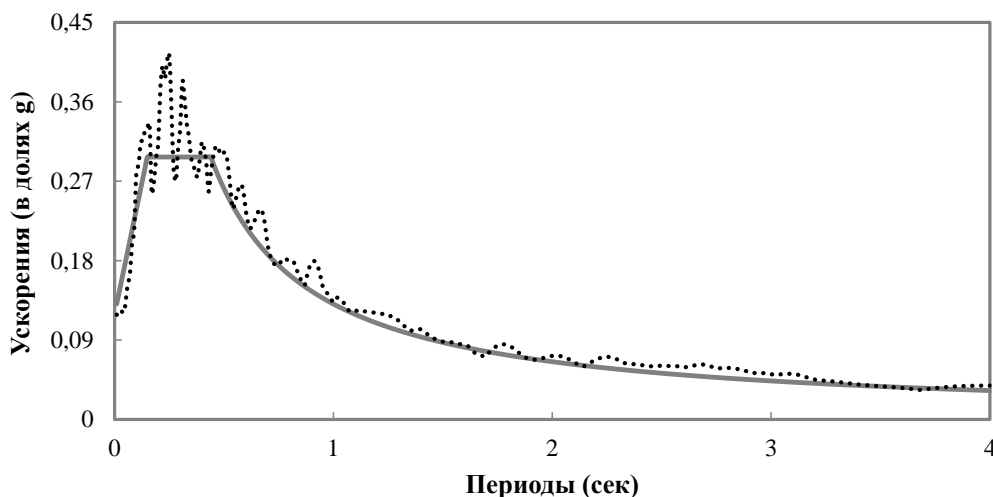
*Требуется:* построить искусственную акселерограмму, соответствующую исходным данным и положениям 4.3.1.1.5 б) и 4.3.1.1.5 в).

*Результаты расчетов,* выполненных по программе «SeismoMatch», представлены в графическом виде на Рисунке А.8.

а)



б)



**Рисунок А.8 – Искусственная акселерограмма (а) и спектры реакций (б), построенные по искусственной акселерограмме (пунктирная линия) и в соответствии с 4.2.2 (сплошная линия)**

Построенная искусственная запись характеризует сейсмические движения грунта следующими максимальными значениями амплитуд: ускорения – 0,12g; скорости – 15,3 см/с; перемещения – 11,2 см. Шаг дискретизации искусственной акселерограммы – 0,01 с, количество точек цифровки – 8000.

Спектр реакций, построенный по искусственной акселерограмме, сравнивался с заданным спектром в диапазоне периодов от 0,0 с до 4,0 с.

В диапазоне периодов от 0,2 с до 4 с (при интервалах между предыдущими и последующими периодами 0,01 с) значения спектральных ускорений, вычисленные при  $\zeta = 5\%$  по искусственной акселерограмме, отличались в меньшую сторону от соответствующих значений заданного спектра реакций не более чем на 10 %.

Построенная искусственная акселерограмма может быть применена при расчете зданий и сооружений с периодами собственных колебаний по основному тону от 1,0 до 2,0 с.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Основные преимущества использования вейвлет-преобразования для корректировки инструментальной записи (с целью обеспечения соответствия построенного по акселерограмме спектра реакций заданному спектру реакций) заключаются в том, что при вейвлет-преобразованиях изменения заданной инструментальной акселерограммы сводятся к минимуму.



**Приложение Б**  
(информационное)

**Рекомендации по формированию комплекта инструментальных акселерограмм,  
применяемых для расчета зданий и сооружений**

Б.1 В комплекты инструментально зарегистрированных акселерограмм, применяемых для расчета зданий и сооружений, предпочтительно включать записи, полученные цифровыми станциями сейсмометрических наблюдений.

Б.2 Процесс формирования комплекта инструментальных акселерограмм, применяемых для расчета зданий и сооружений, состоит из двух основных этапов:

- предварительный отбор акселерограмм из соответствующих баз данных;
- проверка соответствия спектров упругих положениям пунктов 4.3.1.1.4 или 4.3.1.1.6.

Б.3 При предварительном отборе акселерограмм, характеризующих горизонтальные движения грунта, рекомендуется соблюдать правило, согласно которому пиковые значения скоростей и перемещений у рассматриваемых горизонтальных движений грунта не должны иметь больших отклонений в меньшую или большую стороны от значений, определяемых с помощью эмпирических Выражений (Б.1) и (Б.2):

$$PGV \approx 0,25 \cdot PGA \cdot T_C, \quad (Б.1)$$

$$PGD \approx k \cdot PGA \cdot T_C \cdot T_E, \quad (Б.2)$$

где

$PGA$  – пиковое ускорение движений грунта в  $см/с^2$ ;

$PGV$  – пиковое значение скорости движений грунта в  $см/с$ ;

$PGD$  – пиковое значение перемещений грунта в  $см$ ;

$T_C$  – максимальное значение периода на постоянном участке заданного стандартного графика спектральных ускорений;

$T_E$  – период колебаний, значение которого принято равным 2 с;

$k$  – безразмерный коэффициент, значение которого зависит от диапазона периодов, в пределах которого спектр упругих реакций, построенный по инструментальной акселерограмме, должен соответствовать заданному стандартному спектру реакций (см. пункт Б.4).

**ПРИМЕЧАНИЕ** Сейсмический эффект землетрясения, характеризуемый спектром реакций, взаимосвязан с пиковыми значениями всех трех кинематических параметров движений грунта. На основании количественного значения какого-либо одного кинематического параметра невозможно в полной мере охарактеризовать сейсмический эффект землетрясения для всего диапазона периодов, представляющих инженерный интерес.

В соответствии с результатами проведенных исследований [11] формы спектров реакций, построенных по инструментальным записям, наиболее близки к формам стандартных спектров упругих реакций в тех случаях, когда пиковые значения ускорений, скоростей и смещений инструментальных записей соотносятся между собой в соответствии с Выражениями (Б.1) и (Б.2).

Б.4 Если спектры реакций, построенные по инструментальным акселерограммам, должны согласовываться с заданным стандартным спектром реакций в диапазоне

## НТП РК 08-01.1-2012

периодов от 2,0 с до 2,5 с, то значение коэффициента  $k$  в Выражении (Б.2) допускается принимать 0,0167.

Если спектры реакций, построенные по инструментальным акселерограммам, должны согласовываться с заданным стандартным спектром реакций в диапазоне периодов от 8,0 с до 10,0 с, то значение коэффициента  $k$  в Выражении (Б.2) рекомендуется принимать 0,075.

Б.5 Каждое двухкомпонентное горизонтальное сейсмическое воздействие должно быть представлено двумя акселерограммами, характеризующими параметры этого воздействия на ортогональных горизонтальных направлениях.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Две акселерограммы, инструментально зарегистрированные в одной точке на ортогональных направлениях, представляют собой записи сейсмического процесса, разложенного по двум ортогональным осям, ориентированным на плоскости случайным образом (например, по сторонам света). Пиковые значения акселерограмм, зарегистрированных по случайно ориентированным ортогональным осям, как правило, различны, а наибольшие значения спектров реакций, построенных по этим акселерограммам, могут, в некоторых интервалах периодов, наблюдаться не на том направлении, на котором зарегистрировано максимальное пиковое ускорение колебаний грунта. Отмеченные факторы существенно усложняют процедуры формирования и последующего применения комплекта акселерограмм, характеризующих двухкомпонентные горизонтальные сейсмические воздействия.

Б.6 Для упрощения процедуры формирования комплекта акселерограмм, характеризующих двухкомпонентные горизонтальные сейсмические воздействия, и для соблюдения положений пунктов 4.3.1.1.4 б) и 4.3.1.1.6 б), каждое инструментально зарегистрированное двухкомпонентное сейсмическое воздействие рекомендуется представлять двумя акселерограммами с одинаковыми значениями пиковых ускорений.

Б.7 Для соблюдения рекомендаций Б.6 необходимо выполнить следующее. Используя две акселерограммы, инструментально зарегистрированные в одной точке по ортогональным осям, ориентированным на горизонтальной плоскости случайным образом:

- определить на горизонтальной плоскости положение ортогональных осей, по которым сейсмические движения грунта будут характеризоваться одинаковыми значениями максимальных ускорений;
- построить акселерограммы, характеризующие сейсмические движения грунтов по этим осям.

### **Пример формирования комплекта инструментально зарегистрированных акселерограмм**

*Дано:*

- грунтовые условия площадки строительства соответствуют типу II;
- расчетное значение ускорения основания для горизонтальной компоненты сейсмического воздействия при типе грунтовых условий IA:  $a_g = 0,075g$ ;
- произведение значения расчетного ускорения основания для горизонтальной компоненты сейсмического воздействия и значения коэффициента  $S$  (см. Таблицу 4.3), соответствующего типу грунтовых условий рассматриваемой площадки, равно  $a_g \cdot S = 0,075 \times 1,6 = 0,12g$ ;
- произведение значения расчетного ускорения основания для вертикальной компоненты сейсмического воздействия (см. Таблицу 4.8) и значения коэффициента  $S$  (см. Таблицу 4.3),

соответствующего типу грунтовых условий рассматриваемой площадки, равно  $a_{vg} \cdot S = 0,70 \cdot a_g \cdot S = 0,7 \times 0,075 \times 1,6 = 0,084g$ ;

– форма заданного спектра упругих реакций для горизонтальной компоненты сейсмического воздействия при  $\xi = 5\%$  соответствует положениям 4.2.2;

– форма заданного спектра упругих реакций для вертикальной компоненты сейсмического воздействия при  $\xi = 5\%$  соответствует положениям 4.2.3;

– площадка строительства расположена на расстоянии примерно 70 км от прогнозируемого очага землетрясения с ожидаемой магнитудой 7 – 7,5;

– прогнозируемая глубина очага от 15 км до 20 км;

– тип смещений по разлому – горизонтальный сдвиг;

*Требуется:* сформировать комплект акселерограмм, предназначенных для расчета сооружений с периодами горизонтальных колебаний по основному тону от 3,5 с до 4,0 с на трехкомпонентные сейсмические воздействия.

Для решения поставленной задачи были проанализированы инструментальные записи, зарегистрированные при землетрясениях Landers (США), Kocaeli (Турция) и Kobe (Япония), в процессе которых смещения по разломам проявились в виде горизонтальных сдвигов.

Основные характеристики указанных землетрясений описаны в Таблице Б.1.

**Таблица Б.1 – Основные характеристики землетрясений**

Наименование землетрясения	Магнитуда	Глубина очага, км
Landers (28.06.1992)	7,28	15,0
Kocaeli (17.08.1999)	7,51	20,2
Kobe (16.01.1995)	6,9	17,9

Инструментальные записи землетрясений заимствовались из баз данных сильных движений «CISN», «PEER» и некоторых других.

По результатам предварительного анализа из множества трехкомпонентных записей ускорений, зарегистрированных при указанных выше землетрясениях, было отобрано семь записей:

– зарегистрированных на площадках с грунтовыми условиями типа II;

– с пиковыми значениями горизонтальных ускорений, по крайней мере, на одном из ортогональных направлений, близкими к  $a_g \cdot S = 0,12g$ ;

– с соотношениями между пиковыми значениями ускорений (PGA), скоростей (PGV) и смещений (PGD), по крайней мере, на одном из ортогональных направлений, близкими к определенным по Выражениям (Б.1) и (Б.2) (при значении коэффициента  $k$  равном 0,075).

Расстояния от пунктов регистрации инструментальных записей до эпицентров землетрясений ( $R_E$ ) и до разломов ( $R_F$ ), а также инструментально зарегистрированные максимальные значения горизонтальных ускорений (PGA) приведены в Таблице Б.2.

**Таблица Б.2 – Расстояния от пунктов регистрации акселерограмм до эпицентров землетрясений и до разломов. Максимальные значения PGA**

**НТП РК 08-01.1-2012**

Наименование землетрясения	Номер акселерограммы	R <sub>E</sub> , км	R <sub>F</sub> , км	PGA, g
Landers (28.06.1992)	1	75,2	69,2	0,146
	2	94,8	34,9	0,135
	3	83,2	70,7	0,117
Kocaeli (17.08.1999)	4	95,0	60,4	0,108
	5	94,8	53,9	0,110
Kobe (16.01.1995)	6	44,9	—	0,141
	7	46,2	—	0,089

На основании инструментально зарегистрированных акселерограмм, характеризующих сейсмические движения грунта по случайным образом ориентированным на горизонтальной плоскости ортогональным направлениям, были построены акселерограммы, характеризующие сейсмические движения грунта по ортогональным направлениям (X и Y), на которых пиковые значения ускорений являлись одинаковыми (см. п. Б.6 и Б.7).

Параметры сейсмических движений грунтов на горизонтальных ортогональных направлениях, соответствующие построенным акселерограммам, приведены в Таблице Б.3.

**Таблица Б.3 – Параметры сейсмических движений грунтов на горизонтальных ортогональных направлениях при одинаковых значениях PGA в каждой паре акселерограмм**

Номер акселерограммы	PGA, в долях g	PGV, см/с	PGD, см	PGV, см/с	PGD, см
		направление X		направление Y	
1	0,132	19,39	10,19	18,03	8,35
2	0,121	16,80	13,38	15,67	12,17
3	0,106	15,56	10,29	12,07	9,41
4	0,102	20,24	13,97	18,83	10,88
5	0,092	13,17	8,36	11,89	7,05
6	0,129	20,43	9,45	22,96	5,89
7	0,078	14,62	8,64	15,98	6,03

Далее все построенные акселерограммы были масштабированы к значению PGA = 0,12g.

Параметры сейсмических движений грунтов на горизонтальных ортогональных направлениях, соответствующие масштабированным акселерограммам, приведены в Таблице Б.4. В этой же таблице для сравнения приведены значения PGV и PGD, соответствующие Выражениям (Б.1) и (Б.2) при PGA = 0,12g.

Спектры упругих реакций, построенные по масштабированным акселерограммам, отнесенным к направлению X, показаны на Рисунке Б.1. На этом же рисунке показаны средний спектр упругих реакций для направления X и заданный стандартный спектр упругих реакций, построенный в соответствии с положениями 4.2.2.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Ординаты среднего спектра упругих реакций представляют собой среднearифметические значения соответствующих ординат спектров упругих реакций, построенных по масштабированным акселерограммам.

Таблица Б.4 – Параметры сейсмических движений грунтов на горизонтальных ортогональных направлениях, соответствующие масштабированным записям

Номер акселерограммы	PGA, в долях g	PGV, см/с	PGD, см	PGV, см/с	PGD, см
		направление X		направление Y	
1	0,12	17,62	9,26	16,32	7,54
2		16,66	13,26	15,54	12,07
3		17,62	11,65	13,67	10,66
4		23,81	16,44	22,15	12,80
5		17,17	10,91	15,50	9,19
6		19,01	8,80	21,36	5,47
7		22,49	13,30	24,58	9,28
Среднеарифметические значения		19,19	11,49	18,44	9,58
Значения PGV и PGD, соответствующие Выражениям (Б.1) и (Б.2) при PGA = 0,12g		18,84	11,30	18,84	11,30

ПРИМЕЧАНИЕ 1 Направление X – это направление, на котором в диапазоне периодов  $0,2T_1 - 2T_1$  ни одно среднее значение спектральных ускорений, вычисленных при  $\zeta = 5\%$ , не должно быть меньше 90 % соответствующего значения заданного стандартного спектра реакций.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 Направление Y – это направление, ортогональное направлению X. На этом направлении среднее значение спектральных ускорений может быть меньше, чем 90 % соответствующего значения заданного стандартного спектра реакций (см. Выражение (4.24)).

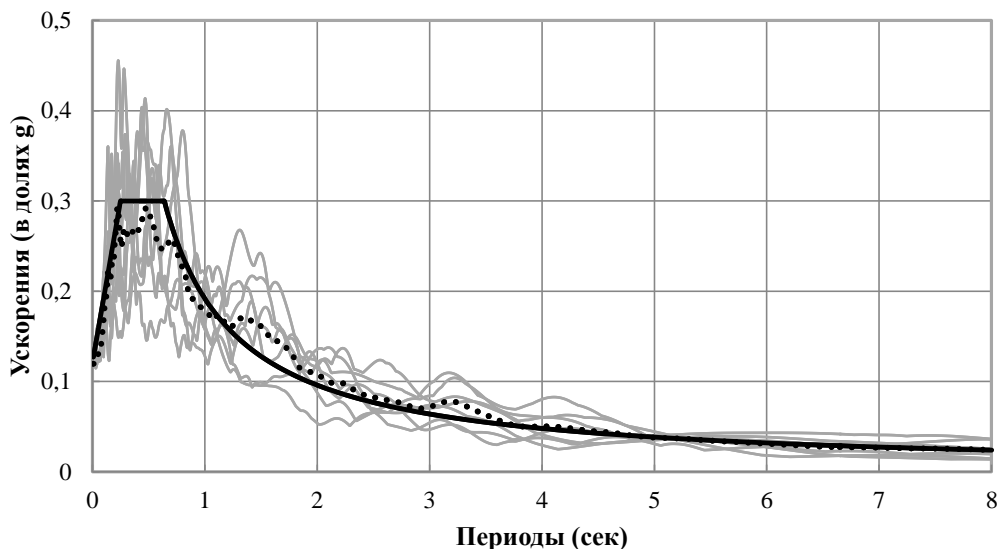
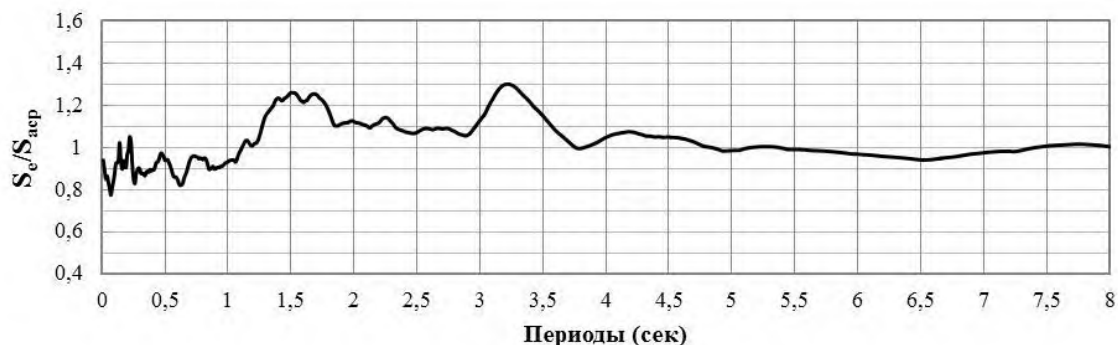


Рисунок Б.1 – Спектры упругих реакций, построенные по масштабированным акселерограммам, отнесенным к горизонтальному направлению X (серые линии), средний спектр упругих реакций (пунктирная линия) и заданный стандартный спектр упругих реакций (сплошная линия)

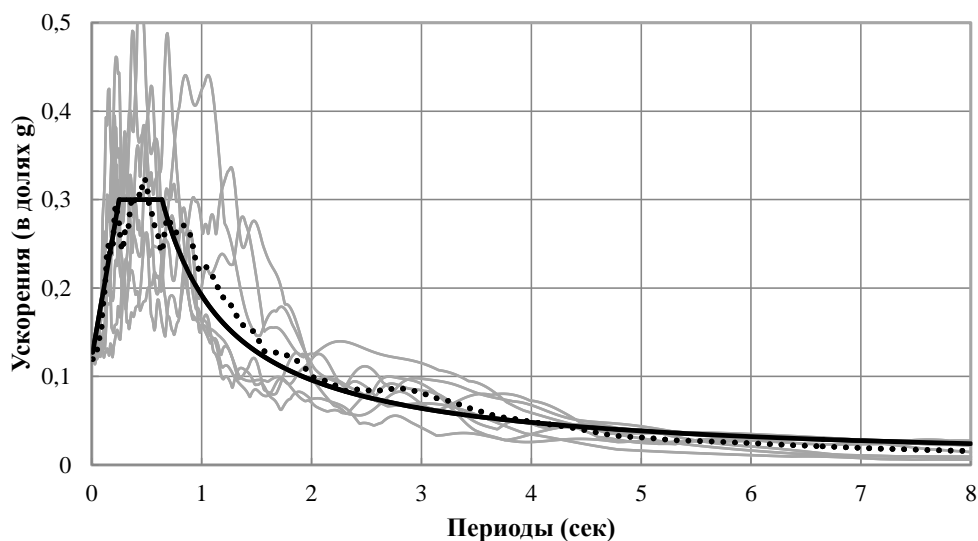
На Рисунке Б.2 показана графическая зависимость, характеризующая отношения на соответствующих периодах значений ординат среднего спектра упругих реакций ( $S_{\text{ср}}$ ) для направления X к значениям ординат заданного стандартного спектра упругих реакций ( $S_{\text{с}}$ ).



**Рисунок Б.2 – Графические зависимости, характеризующие для направления X отношения на соответствующих периодах значений ординат среднего спектра упругих реакций ( $S_{сер}$ ) к значениям ординат заданного стандартного спектра упругих реакций ( $S_e$ )**

Из зависимости, показанной на Рисунке Б.2, следует, что в диапазоне периодов от  $0,2T_1$  до  $2T_1$  (от 0,7 с до 8,0 с) значения ординат среднего спектра упругих реакций составляют не меньше 90 % от соответствующих значений ординат заданного стандартного спектра упругих реакций.

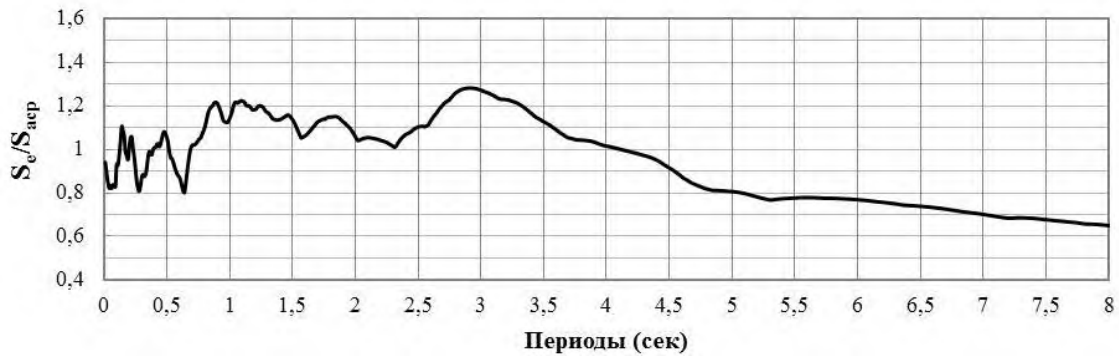
Спектры упругих реакций, построенные по масштабированным акселерограммам, отнесенным к направлению Y, показаны на Рисунке Б.3. На этом же Рисунке показаны средний спектр упругих реакций для направления Y и заданный стандартный спектр упругих реакций, построенный в соответствии с положениями 4.2.2.



**Рисунок Б.3 – Спектры упругих реакций, построенные по масштабированным акселерограммам, отнесенным к горизонтальному направлению Y (серые линии), средний спектр упругих реакций (пунктирная линия) и заданный стандартный спектр упругих реакций (сплошная линия)**

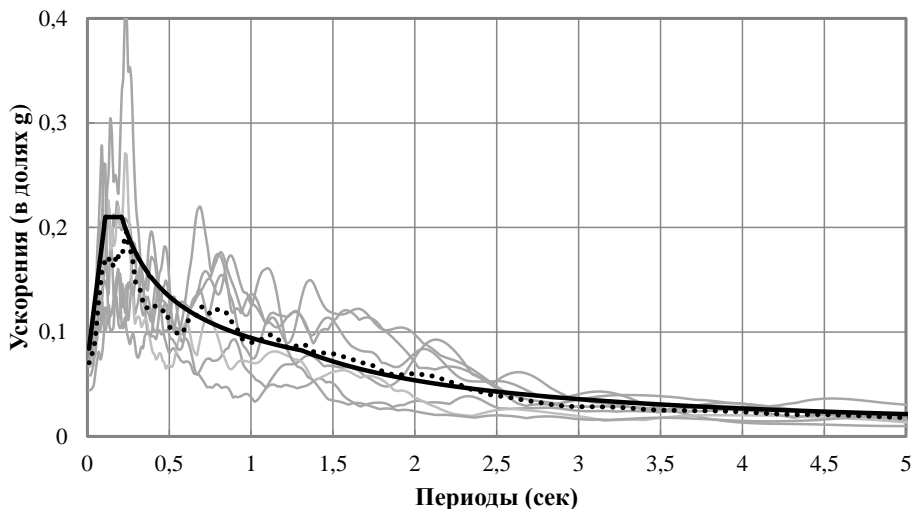
На Рисунке Б.4 показана графическая зависимость, характеризующая отношения на соответствующих периодах значений ординат среднего спектра упругих реакций ( $S_{сер}$ ) к значениям ординат заданного стандартного спектра упругих реакций ( $S_e$ ).

Из зависимости, показанной на Рисунке Б.4, следует, что в диапазоне периодов от 0,7 с до 4,5 с значения ординат среднего спектра упругих реакций составляют не меньше 90 % от соответствующих значений ординат заданного стандартного спектра упругих реакций. В диапазоне периодов более 4,5 с, значения ординат среднего спектра упругих реакций составляют меньше 90 % от соответствующих значений ординат заданного стандартного спектра упругих реакций, но соответствуют положениям 4.3.1.1.6.



**Рисунок Б.4 – Графическая зависимость, характеризующая для направления Y отношения на соответствующих периодах значений ординат среднего спектра упругих реакций ( $S_{\text{стп}}$ ) к значениям ординат заданного стандартного спектра упругих реакций ( $S_e$ )**

Спектры упругих реакций, построенные по акселерограммам, характеризующим вертикальные компоненты сейсмических воздействий, показаны на Рисунке Б.5. На этом же Рисунке сопоставлены средний спектр упругих реакций и стандартный спектр упругих реакций для вертикальных компонент сейсмических воздействий.

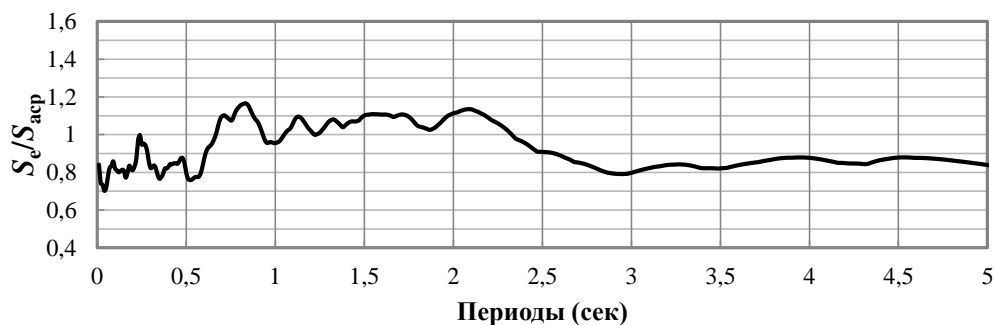


**Рисунок Б.5 – Спектры упругих реакций, построенные по инструментальным акселерограммам, характеризующим вертикальные компоненты сейсмических воздействий (серые линии), средний спектр реакций (пунктирная линия) и заданный стандартный спектр реакций (сплошная линия)**

На Рисунке Б.6 показана графическая зависимость, характеризующая отношения на соответствующих периодах значений ординат среднего спектра упругих реакций ( $S_{\text{стп}}$ ) к значениям ординат заданного стандартного спектра реакций ( $S_{ve}$ ).

Из зависимости, показанной на Рисунке Б.6, следует, что в диапазоне периодов от 0,01 с до 5,0 с средние значения спектральных ускорений, вычисленных по акселерограммам, принятым с масштабирующим коэффициентом 1,04, на всех периодах составляют минимум 70,2 % (при  $T = 0,04$  с) от соответствующих значений заданного стандартного спектра реакций.

Значения спектральных ускорений на нулевом периоде по вертикальному направлению превышают расчетное ускорение основания  $a_{vg} \cdot S$  в 1,01 раза.



**Рисунок Б.6 – Графическая зависимость, характеризующая отношения на соответствующих периодах значений ординат среднего спектра упругих реакций ( $S_{аср}$ ) к значениям ординат заданного стандартного спектра упругих реакций**

В соответствии с пунктом 4.3.1.1.7, спектры реакций, построенные по записям вертикальных компонент сейсмических движений грунта, должны соответствовать положениям пункта 4.3.1.1.4 только в тех случаях, когда вертикальное направление является определяющим для сейсмостойкости сооружения или его элементов.

*Вывод.*

1. Сформированный комплект акселерограмм может быть применен при расчетах зданий с периодами колебаний по основному тону от 3,5 с до 4,0 с.

2. Если вертикальное направление будет являться определяющим для сейсмостойкости сооружения или его элементов, то акселерограммы, характеризующие вертикальные сейсмические воздействия, следует применять с соответствующим масштабирующим коэффициентом.



## БИБЛИОГРАФИЯ

- [1] Ahmadi G. Generation of artificial time-histories compatible with given response spectra – a review. SM archives 1979; 4(3): pp. 207-239;
- [2] Preumont A. The generation of spectrum compatible accelerograms for the design of nuclear power plants // Earthquake Engineering and Structural Dynamics, vol.12, N4, 1984, p.481-497.
- [3] Preumont A. An Automatic Procedure for the Generation of Accelerograms Enveloping Several Design Response Spectra // Journal of Pressure Vessel Technology, 1985, v. 107, pp. 88-91.
- [4] King A.C.Y., Chen C. Artificial earthquake generation for nuclear power plant design // Proc. of the Sixth World Conference on Earthquake Engineering, New Delhi, 1977, vol.8, p.27-31.
- [5] Kubo T. Analysis of phase angle properties and simulation of earthquake strong motions // Proc. of the Eighth World Conference on Earthquake Engineering, San Francisco, 1984, vol.2, p.565-572.
- [6] Abrahamson N.A. Non-stationary spectral matching // Seismological Research Letters 1992, vol 63(1), p. 30.
- [7] Hancock J., Watson-Lamprey J., Abrahamson N.A., Bommer J.J., Markatis A., McCoy E., Mendis R. An improved method of matching response spectra of recorded earthquake ground motion using wavelets // Journal of Earthquake Engineering, 2006, v. 10, p. 67–89.
- [8] <http://nisee.berkeley.edu/documents/SWSC/>.
- [9] <http://www.seissoft.com/>.
- [10] Ицков И.Е., Чернов Н.Б. Использование акселерограмм, созданных по заданным спектрам реакции, для оценки сейсмостойкости зданий и сооружений. Научно-технический журнал «Сейсмостойкое строительство», 2001, вып. 4, с. 7-12.
- [11] Ицков И.Е. О взаимосвязи между количественными характеристиками сейсмических воздействий в строительных нормах и в шкалах сейсмической интенсивности // Научно-технический журнал «Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений», 2010, № 2. – с. 14-20
- [12] DOE-STD-1023-95 Natural phenomena hazards assessment criteria. // U.S. Department of Energy, Washington, 2002, p. A-7.

УДК 624.042.7

МКС 91.040

---

**Ключевые слова:** государственные нормативы, нормативно-техническое пособие, проектирование сейсмостойких зданий и сооружений, общие положения, сейсмические воздействия, сейсмостойкость, требование по отсутствию разрушения, требование по ограничению ущерба, референтное сейсмическое воздействие, референтный период повторяемости, критерии соответствия, критическое предельное состояние, предельное состояние по ограничению ущерба, система обеспечения качества, сейсмические зоны, грунтовые условия, сейсмичность площадки, карты общего сейсмического зонирования, карты сейсмического микрозонирования, балл, магнитуда, пиковое ускорение, средняя скорость распространения поперечных волн, расчетное значение ускорения, базовое представление сейсмического воздействия, спектр упругих реакций, расчетные перемещения, скорость грунта, расчетный спектр реакций, акселерограмма землетрясения, искусственные акселерограммы, инструментальные акселерограммы, синтезированные акселерограммы, пространственная модель сейсмического воздействия, комбинация сейсмических воздействий с другими воздействиями.

---

*Ресми басылым*

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҰЛТТЫҚ ЭКОНОМИКА МИНИСТРЛІГІНІҢ  
ҚҰРЫЛЫС, ТҮРҒЫН ҮЙ-КОММУНАЛДЫҚ ШАРУАШЫЛЫҚ ІСТЕРІ ЖӘНЕ  
ЖЕР РЕСУРСТАРЫН БАСҚАРУ КОМИТЕТІ

**Қазақстан Республикасының  
НОРМАТИВТІК-ТЕХНИКАЛЫҚ ҚҰРАЛЫ**

**ҚР НТҚ 08-01.1-2012**

**СЕЙСМИКАҒА ТӨЗІМДІ ҒИМАРАТТАР МЕН ИМАРАТТАРДЫ  
ЖОБАЛАУ.  
ЖАЛПЫ ЕРЕЖЕЛЕР. СЕЙСМИКАЛЫҚ ӘСЕР ЕТУ БӨЛІМІ**

Басылымға жауаптылар: «ҚазҚСҒЗИ» АҚ

050046, Алматы қаласы, Солодовников көшесі, 21  
Тел./факс: +7 (727) 392-76-16 – қабылдау бөлмесі

*Издание официальное*

КОМИТЕТ ПО ДЕЛАМ СТРОИТЕЛЬСТВА, ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО  
ХОЗЯЙСТВА И УПРАВЛЕНИЯ ЗЕМЕЛЬНЫМИ РЕСУРСАМИ МИНИСТЕРСТВА  
НАЦИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

**НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ  
Республики Казахстан**

**НТП РК 08-01.1-2012**

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ СЕЙСМОСТОЙКИХ ЗДАНИЙ И  
СООРУЖЕНИЙ  
ЧАСТЬ. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ. СЕЙСМИЧЕСКИЕ  
ВОЗДЕЙСТВИЯ**

Ответственные за выпуск: АО «КазНИИСА»

050046, г. Алматы, ул. Солодовникова, 21  
Тел./факс: +7 (727) 392-76-16 – приемная