ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 57364— 2016/ EN 15129:2010

УСТРОЙСТВА АНТИСЕЙСМИЧЕСКИЕ

Правила проектирования

(EN 15129:2010, Anti-seismic devices, IDT)

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2017

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 ПОДГОТОВЛЕН структурным подразделением Акционерного общества «Научно-исследовательский центр «Строительство» (АО «НИЦ «Строительство»), Центральным научно-исследовательским, проектно-конструкторским и технологическим институтом им. В.А. Кучеренко (ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко) на основе официального перевода на русский язык немецкоязычной версии указанного в пункте 4 европейского стандарта, который выполнен Федеральным государственным унитарным предприятием «Российский научно-исследовательский центр информации по стандартизации, метрологии и оценке соответствия» (ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 465 «Строительство»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 20 декабря 2016 г. № 2048-ст

4 Настоящий стандарт идентичен европейскому стандарту ЕН 15129:2010 «Антисейсмические приборы» (EN 15129:2010 «Anti-seismic devices», IDT)

Наименование настоящего стандарта изменено относительно наименования указанного европейского стандарта для приведения в соответствие с ГОСТ Р 1.5—2012 (пункт 3.5).

При применении настоящего стандарта рекомендуется использовать вместо ссылочных международных и европейских стандартов соответствующие им национальные и межгосударственные стандарты, сведения о которых приведены в дополнительном приложении ДА

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

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

© Стандартинформ, 2017

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

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины, определения, обозначения и сокращения 2
3.1 Термины и определения 2
3.2 Обозначения 8
3.3 Сокращения 8
3.4 Список устройств 9
4 Общие правила проектирования 10
4.1 Требования к рабочим характеристикам и подтверждение их выполнения 11
4.2 Воздействия на устройства 12
4.3 Концептуальное проектирование устройств 13
4.4 Основные характеристики 14
4.5 Основные законы 15
4.6 Оценка антисейсмических устройств 15
5 Устройства с жестким соединением 16
5.1 Устройства с постоянным соединением 16
5.2 Предохранители-ограничители с разрушающимся элементом 16
5.3 Устройства с временным (динамическим) соединением 18
6 Устройства, зависящие от перемещения 22
6.1 Общие положения 22
6.2 Требования к рабочим характеристикам 22
6.3 Материалы 24
6.4 Проведение испытаний 25
7 Устройства, зависящие от скорости 28
7.1 Функциональные требования 28
7.2 Свойства материалов 29
7.3 Проектные требования 30
7.4 Проведение испытаний 31
8 Сейсмоизоляторы 34
8.1 Общие требования 34
8.2 Эластомерные сейсмоизоляторы 36
8.3 Маятниковые скользящие опоры 59
8.4 Скользящие опоры с плоскими поверхностями 72
9 Комбинации устройств 73
9.1 Требования 73
9.2 Материалы 73
9.3 Проектирование 73
9.4 Испытание 74
10 Оценка соответствия 74
10.1 Общие положения 74
10.2 Первичные испытания и контроль 75
10.3 Заводской производственный контроль 79
11 Установка 82

12 Инспектирование в процессе эксплуатации 82
12.1 Общие требования 82
12.2 Регулярный контроль 82
12.3 Основные проверки 82
Приложение A (справочное) Пояснения к разделу 1 «Область применения» 85
Приложение B (справочное) Пояснения к разделу 4 «Общие правила проектирования» 86
Приложение C (справочное) Пояснения к разделу 5 «Устройства с жестким соединением» 89
Приложение D (справочное) Пояснения к разделу 6 «Устройства, зависящие от перемещения» 93
Приложение E (справочное) Пояснения к разделу 7 «Устройства, зависящие от скорости» 96
Приложение F (справочное) Пояснения к разделу 8 «Изоляторы» 103
Приложение G (обязательное) Оборудование для комбинированного сжатия и сдвига 107
Приложение H (справочное) Проектирование соединений устройств 109
Приложение I (справочное) Метод расчета распределения давления на полусферических поверхностях 110
Приложение J (справочное) Коэффициенты λ для сейсмоизоляторов общего типа 113
Приложение ZA (справочное) Связь между настоящим стандартом и основополагающими требованиями Директивы Европейского сообщества по строительным материалам 115
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных международных и европейских стандартов национальным стандартам и действующим в этом качестве межгосударственным стандартам 129
Библиография 131

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

УСТРОЙСТВА АНТИСЕЙСМИЧЕСКИЕ

Правила проектирования

Anti-seismic devices. Design rules

Дата введения —2017—07—01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает требования к проектированию устройств, которые предусмотрены в сооружениях для снижения сейсмического воздействия. Стандарт устанавливает функциональные требования и общие правила проектирования применительно к сейсмической ситуации, характеристикам материала, испытаниям и производству, а также к оценке соответствия, монтажу и техническому обслуживанию. Требования стандарта распространяются на типы устройств и их комбинации, указанные в 3.4.

Примечание — Дополнительная информация касательно области применения настоящего стандарта приведена в приложении А.

2 Нормативные ссылки

В случае датированных ссылок действует только указанное издание. В случае недатированных ссылок действует последнее издание в отношении указанной публикации (включая все изменения).

EN 1090-2, Execution of steel structures and aluminium structures — Part 2: Technical requirements for steel structures (Производство стальных и алюминиевых конструкций. Часть 2. Технические требования для стальных конструкций)

EN 1337, Structural bearings (Опоры строительных конструкций)

EN 1990:2002, Eurocode: Basis of structural design (Еврокод. Основные положения по проектированию строительных конструкций)

EN 1998, Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance (Еврокод 8. Правила расчета с учетом сейсмостойкости строительных конструкций. Часть 1. Общие правила, сейсмические воздействия и правила для зданий)

EN 10025, Hot rolled products of non-alloy structural steels (Изделия горячекатаные из нелегированной конструкционной стали)

EN 10083, Steels for quenching and tempering (Стали для закаливания и отпуска)

EN 10088, Stainless steels (Стали нержавеющие)

EN 10204:2004, Metallic products. Types of inspection documents (Изделия металлические. Типы актов приемочного контроля)

ISO 4287, Geometrical product specifications (GPS) — Surface texture — Profile method — Terms, definitions and surface texture parameters (Геометрические характеристики изделий (GPS). Структура поверхности. Профильный метод. Термины, определения и параметры структуры поверхности)

EN ISO 4526, Metallic coatings — Electroplated coatings of nickel for engineering purposes (Покрытия металлические. Электролитические никелевые покрытия для технических целей)

Издание официальное

EN ISO 6158, Metallic and other inorganic coatings — Electrodeposited coatings of chromium for engineering purposes (Покрытия металлические и другие неорганические покрытия. Электролитические хромовые покрытия для технических целей)

ISO 34, Rubber, vulcanized or thermoplastic. Determination of tear strength (Каучук вулканизованный или термопластичный. Определение сопротивления разрыву)

ISO 37, Rubber or thermoplastic — Determination of tensile stress-strain properties (Резина или термопластик — Определение упругопрочностных свойств при растяжении)

ISO 48, Rubber, vulcanized or thermoplastic — Determination of hardness (Hardness between 10 IRHD and 100 IRHD) [Каучук вулканизованный или термопластичный — Определение твердости (от 10 до 100 IRHD)]

ISO 188, Rubber, vulcanized — Accelerated ageing or heat-resistance tests (Резина и термоэластопласты. Испытания на ускоренное старение и теплостойкость)

ISO 815, Rubber, vulcanized or thermoplastic — Determination of compression set — At ambient, elevated or low temperatures (Каучук вулканизованный или термопластичный. Определение остаточной деформации сжатия. Определение при стандартной или повышенной температурах)

ISO 898 Mechanical properties of fasteners made of carbon steel and alloy steel (Механические свойства крепежных изделий из углеродистых и легированных сталей)

ISO 1083, Spheroidal graphite cast iron — Classification (Чугун с шаровидным графитом. Классификация)

ISO 3755, Cast carbon steels for general engineering purposes (Стали углеродистые литые для общего машиностроения)

ISO 4664, Rubber, vulcanized or thermoplastic — Determination of dynamic properties (Каучук вулканизованный или термопластичный. Определение динамических свойств)

3 Термины, определения, обозначения и сокращения

3.1 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1.1 **скорость активации** (activation speed*; Activierungsgeschwindigkeit**): Скорость, при которой элемент передачи удара реагирует с его расчетной силой.

3.1.2 **осевая сила N_{Ed}, действующая на устройство при проектном землетрясении** (axial force N_{Ed}, wich acts on a device under the action of the rated earthquake*; axiale Kraft N_{Ed}, die unter der Einwirkung des Bemessungserdbebens auf eine Vorrichtung wirkt**): Максимальное значение силы во время воздействия обозначается $N_{Ed,max}$, а минимальное значение — $N_{Ed,min}$. Минимальное значение воздействия на устройство может быть растягивающим.

3.1.3 **основной элемент** (core element*; Kernelement**): Компонент линейного устройства (ЛУ) или нелинейного устройства (НЛУ), на котором основан механизм, характеризующий поведение устройства.

Примечание — Основные элементы линейного или нелинейного устройства являются теми компонентами устройства, которые обеспечивают ему гибкость, способность к диссипации энергии и/или способность к рецентрированию, а также другие механические характеристики, соответствующие требованиям к линейным или нелинейным устройствам. Примерами основных элементов являются стальные пластины или стержни, проволока из сплавов или стержни с эффектом запоминания формы, эластомерные элементы.

3.1.4 **расчетное перемещение d_{bd} (устройства)** (rated displacement d_{bd} (of a device)*; Bemessungsverschiebung d_{bd} (einer Vorrichtung**): Полное перемещение (с учетом перемещения и кручения вокруг вертикальной оси системы сейсмоизоляции), которое испытывает устройство, когда конструкция подвергается только проектному землетрясению в соответствии с ЕН 1998-1.

3.1.5 **расчетное перемещение системы сейсмоизоляции в главном направлении d_{cd}** (dimensional displacement of a simulation system in a main direction d_{cd}*; Bemessungsverschiebung eines Isolationssystems in einer Hauptrichtung d_{cd}**): Максимальное горизонтальное перемещение в центре эффективной жесткости, соответствующее проектному землетрясению без дополнительных воздействий.

---

* en.

** de.

3.1.6 **максимальное перемещение устройства в главном направлении d_{Ed}** (largest displacement of a device in a main direction d_{Ed}*; größte Verschiebung einer Vorrichtung in einer Hauptrichtung d_{Ed}**): Для антисейсмических устройств на мостах d_{Ed} равно d_{max}, максимальному общему горизонтальному смещению в месте расположения устройства, включая все воздействия и применение коэффициента надежности для d_{bd} в соответствии с пунктом 7.6.2 (2) Р ЕН 1998-2:2005.

Для устройств в других сооружениях d_{Ed} равняется $\gamma_x d_{bd}$, т. е. расчетное перемещение увеличивается за счет введения коэффициента надежности.

3.1.7 **расчетная сила V_{bd} (устройства)** (rated value V_{bd} (of a device)*; Bemessungskraft V_{bd} (einer Vorrichtung)**: Сила (или момент), соответствующая d_{bd}.

3.1.8 **устройства** (devices*; Vorrichtungen**): Элементы, которые способствуют изменению сейсмической реакции сооружения путем сейсмоизоляции, диссипации энергии или путем создания постоянных или временных ограничителей. Рассматриваемые устройства описаны в различных разделах настоящего стандарта.

3.1.9 **потребность в пластичности** (ductility requirement*; Ductilitätsanforderung**): Потребность в пластичности при смещении относится к теоретическому билинейному циклу и определяется как d_{bd}/d_1 (см. 3.1.4 и 3.1.44).

Примечание — Потребность в пластичности является полезным параметром для оценки потребности в пластичности устройства диссипации энергии (УДЭ) на основании гистерезиса материала (см. 3.1.17).

3.1.10 **эквивалентное демпфирование (устройства) ξ_{effb}** (effective damping (of a device) ξ_{effb}*; effective Dämpfung (einer Vorrichtung) ξ_{effb}**): Значение эквивалентного вязкого демпфирования, соответствующее энергии диссипации системы сейсмоизоляции во время циклической реакции при расчетном смещении:

$$\xi_{effb} = W(d_{bd})/(2\pi V_{Ebd}\, d_{bd}). \quad (1)$$

где $W(d_{bd})$ — энергия, фактически рассеянная устройством во время третьего цикла нагрузки, с максимальным перемещением, равным d_{bd}.

Примечание — ξ_{effb} вводится для простой характеристики поведения любого устройства. Оно не может использоваться в аналитических расчетах реакции конструкции, кроме случаев, когда расчеты допускается проводить с помощью линейного анализа и когда все устройства имеют одинаковые демпфирование и жесткость в рассматриваемом направлении. При использовании разных устройств применяется общее эквивалентное демпфирование системы сейсмоизоляции.

3.1.11 **эффективный период T_{eff}** (effective period T_{eff}*, effektive Periode T_{eff}**): В случае сейсмоизоляции период колебаний системы с одной степенью свободы в рассматриваемом направлении снижается, при этом система имеет большую массу конструкции, а жесткость равна эффективной жесткости системы сейсмоизоляции.

3.1.12 **эффективная жесткость устройства в главном направлении K_{effb}** (effective stiffness of a device in a main direction K_{effb}*; effektive Steifigkeit einer Vorrichtung in einer Hauptrichting K_{effb}**): Отношение между значением общей горизонтальной силы, передающейся через устройство, и долей общего расчетного перемещения в том же направлении, разделенной на абсолютное значение общего расчетного перемещения (секущая жесткость):

$$K_{effb} = V_{Ebd}/d_{bd}. \quad (2)$$

Примечание — K_{effb} вводится для простой характеристики поведения любого устройства. Она не может использоваться в аналитических расчетах реакции конструкции, кроме случаев, когда расчеты допускается проводить с помощью линейного анализа и когда все устройства имеют одинаковые демпфирование и жесткость в рассматриваемом направлении. При использовании разных устройств применяется общее эквивалентное демпфирование системы сейсмоизоляции.

---

* en.

** de.

3.1.13 **эффективная жесткость системы сейсмоизоляции в главном направлении K_{eff}** (effective stiffness of an isolation system in a main direction K_{eff}*; effektive Steifigkeit eines Isolationssystems in einer Hauptrichting K_{eff}**): Сумма эффективной жесткости устройств, расположенных в сейсмоизолирующем слое.

3.1.14 **центр эффективной жесткости** (effective stiffness center*; effektives Steifigkeit Zentrum**): Центр жесткости системы изоляции с учетом эффективной жесткости устройств.

3.1.15 **расчет диссипации энергии** (energy dissipation calculation*; Energiedissipationsbemessung**): Методика расчета, согласно которой механические элементы поставлены в определенных местах сооружений для диссипации энергии, передаваемой сооружению землетрясением.

3.1.16 **способность к диссипации энергии** (energy dissipation capability*; Energiedissipationsvermögen**): Способность устройства рассеивать энергию во время циклов «нагрузка—перемещение».

3.1.17 **устройство диссипации энергии** (energy dissipation device*; Energie dissipierende Vorrichtung**): Устройство, обладающее большой способностью к диссипации энергии, т. е. рассеивающее большую долю энергии, воспринимаемой во время фазы нагрузки. После снятия нагрузки обычно отмечается большое остаточное перемещение. Устройство классифицируется как устройство диссипации энергии, если эквивалентное вязкое демпфирование ξ превышает 15 %.

3.1.18 **жесткость в первой ветви цикла нагрузки K_1 нелинейного устройства** (stiffness K_1 of the first load branch of a non-linear device*; Stefigkeit K_1 des ersten Belastunges des einer nichtlinearen Vorrichtung**): Начальная жесткость нелинейного устройства определяется как секущая жесткость между точками, соответствующими силам $V_{Ebd}/10$ и $V_{Ebd}/5$:

$$K_1 = \left(\frac{V_{Ebd}}{5} - \frac{V_{Ebd}}{10}\right) / \left[d\left(\frac{V_{Ebd}}{5}\right) - d\left(\frac{V_{Ebd}}{10}\right)\right]. \quad (3)$$

Примечание — K_1 обозначается начальная или упругая жесткость, когда речь идет об устройствах с убывающей характеристикой.

3.1.19 **жидкостно-вязкостный демпфер** (fluid viscous damper*; viskoser Flüssigkeitdämpfer**): Антисейсмическое устройство, реакцией которого является осевая сила, зависящая только от прикладываемой скорости; принцип его функционирования состоит в использовании реактивной силы вязкой жидкости, текущей через систему отверстий и/или клапанов.

3.1.20 **жидкостно-пружинный демпфер** (fluid spring damper*; Feder-Flüssigkeitdämpfer**): Антисейсмическое устройство, реакцией которого является осевая сила, зависящая как от прикладываемой скорости, так и от прикладываемого хода; принцип его функционирования состоит в использовании реактивной силы вязкой жидкости, текущей через систему отверстий и клапанов и в то же время подвергаемой возрастающему давлению.

3.1.21 **устройство с возрастающей характеристикой** (hardening device*; progressive Vorrichtungen**): Нелинейное устройство, у которого эффективная жесткость K_{effb} и жесткость K_2 во второй ветви цикла нагрузки больше, чем жесткость K_1 в первой ветви цикла нагрузки.

3.1.22 **гидравлический предохранитель-ограничитель** (hydraulic fuse restraint*; Festhaltung mit hydraulisher Sollbruchstelle**): Гидравлические предохранители-ограничители — это предохранители-ограничители (ПО), поведение которых по природе является гидравлическим и зависит от открытия предохранительных клапанов.

3.1.23 **жесткость K_1 линейного устройства** (stiffness K_1 of linear device*; Steifigkeit K_1 einer linearen Vorrichtung**): Жесткость линейного устройства определяется как секущая жесткость между точками, соответствующими силам $V_{Ebd}/10$ и $V_{Ebd}/5$:

$$K_1 = \left(\frac{V_{bd}}{5} - \frac{V_{bd}}{10}\right) / \left[d\left(\frac{V_{bd}}{5}\right) - d\left(\frac{V_{bd}}{10}\right)\right]. \quad (4)$$

---

* en.
** de.

Примечание — Оценка K_1 как секущей жесткости объясняется сложностью вычерчивания касательной к кривой в начале координат на диаграмме, полученной опытным путем.

3.1.24 **система сейсмоизоляции** (insulator system*; Isolationssystem**): Совокупность устройств, используемых для обеспечения сейсмоизоляции.

3.1.25 **сейсмоизолирующий слой** (isolation level*, Isolationsebene**): Слой, отделяющий часть конструкции, расположенную ниже системы сейсмоизоляции, от части конструкции, расположенной выше системы сейсмоизоляции, непосредственно в пределах которого расположена система сейсмоизоляции.

3.1.26 **сейсмоизолятор** (insulator*; isolator**): Устройство, обладающее необходимыми характеристиками для сейсмической изоляции, а именно: способностью выдерживать нагрузку от собственного веса части конструкции, расположенной выше системы сейсмоизоляции, и способностью обеспечивать горизонтальные перемещения. Сейсмоизоляторы могут обеспечивать диссипацию энергии и содействовать способности системы изоляции к рецентрированию.

Примечание — В ЕН 1998-2 к сейсмоизоляторам относят устройства, принадлежащие к системе изоляции, независимо от того, гасят ли они нагрузку от собственного веса или нет.

3.1.27 **линейное устройство** (linear device*; lineare Vorrichtung**): Антисейсмическое устройство, которое характеризуется линейным или почти линейным отношением «нагрузка — перемещение» до достижения перемещения d_{bd}, со стабильным поведением при большом числе циклов и значительной независимостью от скорости. После снятия нагрузки оно не демонстрирует остаточного перемещения. Даже в случае некоторой диссипации энергии в устройстве остаточные перемещения должны быть пренебрежимо малы и в любом случае менее 2 % максимального перемещения.

Примечание — Для вязкоупругих устройств остаточные перемещения могут частично или полностью исчезать через несколько часов. В этом случае следует рассматривать окончательное остаточное перемещение.

3.1.28 **механический предохранитель-ограничитель** (mechanical fuse restraint*; Festhaltung mit mechanischer Sollbruchstelle**): Предохранитель-ограничитель, поведение которого определяется механическим разрушением отдельных конструктивных компонентов.

3.1.29 **нелинейное устройство** (non-linear device*; nichtlineare Vorrichtung**): Антисейсмическое устройство, которое характеризуется нелинейной зависимостью «нагрузка—перемещение», со стабильным поведением в течение требуемого числа циклов и значительной независимостью от скорости. Устройство характеризуется как нелинейное, если ξ_{effb} больше 15 %, или соотношение $|K_{effb} - K_1|/K_1$ больше 20 %, где оценка ξ_{effb} и K_{effb} выполняется на третьем цикле с максимальным перемещением, равным d_{bd}.

3.1.30 **нелинейное упругое устройство** (non-linear elastic device*; nichtlineare elastische Vorrichtung**): Нелинейное устройство, которое рассеивает крайне незначительное количество энергии, накопленной во время фазы нагружения. Статическое остаточное перемещение после снятия нагрузки должно быть пренебрежимо мало. Устройство классифицируется как нелинейное упругое устройство (НЛУУ), если ξ_{effb} меньше 15 %, в то время как соотношение $|K_{effb} - K_1|/K_1$ больше 20 %.

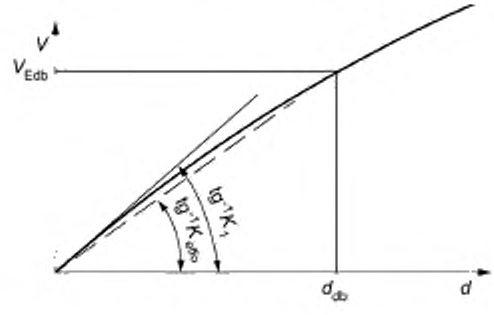


Рисунок 1 — Начальная и эффективная жесткости линейного устройства

* en.
** de.

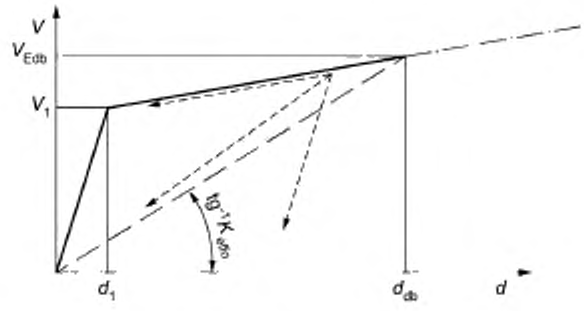


Рисунок 2 — Эффективная жесткость нелинейного устройства

3.1.31 **устройство с постоянным соединением** (permanent connection device*; ständige Verbindungsvorrichtung**): Устройство, обеспечивающее постоянное ограничение в одном или двух горизонтальных направлениях, но допускает кручение и вертикальные перемещения, т. е. не передает изгибающие моменты и вертикальные нагрузки; устройство, сдерживающее движение только в одном направлении по горизонтали, называется «Устройство с подвижным соединением по одной оси», в то время как устройство, сдерживающее движения в двух направлениях по горизонтали — «Устройство с фиксированным соединением».

Примечание — При определенных обстоятельствах вышеуказанным устройствам может потребоваться работать в плоскости с горизонтальным уклоном. В этом случае термины «вертикальный» и «горизонтальный» принимают подходящее значение.

3.1.32 **устройство с жестким соединением** (rigid connection device*; starre Verbindungsvorrichtung**): Устройство, соединяющее два элемента конструкции без передачи изгибающих моментов и вертикальных нагрузок; эта категория устройств включает в себя устройства с постоянным соединением (УПС, см. 5.1), предохранители-ограничители (ПО, см. 5.2) и устройства с временным соединением (УВС, см. 5.3).

3.1.33 **предохранитель-ограничитель** (fuse restraint*; Festhaltung mit Sollbruchstelle**): Устройство, которое ниже определенного предварительно установленного порога по усилию (усилие разрушения) предотвращает любое относительное движение между соединенными частями и в то же время позволяет движение, после того как вышеуказанный порог превышен.

3.1.34 **жесткость во второй ветви цикла нагрузки K_2** (stiffness K_2 in the second load test*; Steifigkeit K_2 im zweiten Belastungsast**): Параметр, относящийся к теоретическому билинейному циклу и определяемый как (см. рисунок 2):

$$K_2 = [V_{Ebd} - V_{(0,5 \cdot dbd)}]/(0,5 \cdot d_{bd}). \quad (5)$$

Здесь $V_{(0,5\ dbd)}$ — сила, соответствующая $0,5 \cdot d_{bd}$ на третьем цикле испытания.

Примечание 1 — Формула получена путем оценки жесткости во второй ветви цикла нагрузки как секущей жесткости, относящейся к перемещениям $0,5 \cdot d_{bd}$ и d_{bd}.

Примечание 2 — K_2 часто обозначается как жесткость после упругости, когда речь идет об устройствах с убывающей характеристикой.

3.1.35 **сейсмическая изоляция** (earthquake isolation*; Erdbebenisolation**): Методика, согласно которой соответствующие механизмы (системы сейсмоизоляции) устанавливаются на определенном уровне сооружения для разъединения частей сооружения, расположенных выше этого уровня, тем самым снижая реакцию сооружения и его содержимого в случае землетрясения.

---

* en.
** de.

3.1.36 **срок службы устройства** (period of device use*; Nutzungsdauer einer Vorrichtung**): Период, в течение которого устройство должно функционировать в пределах заданных параметров. Значение принимается равным значению, указанному в технических требованиях проекта, на основе деклараций производителя.

Примечание — Дополнительная информация о сроке службы устройства дана в приложении В.

3.1.37 **элемент передачи удара** (shock transmission unit*; Stoβ — Übertragungs-Einheit**): Устройство, реакцией которого является осевая сила, зависящая от прилагаемой скорости; принцип его функционирования состоит в использовании силы противодействия вязкой среды, побуждаемой к протеканию через отверстие для обеспечения очень большой реакционной силы при динамических нагрузках, тогда как для прилагаемых нагрузок с низкой скоростью реакция пренебрежимо мала.

3.1.38 **устройство с убывающей характеристикой** (softening device*; degressive Vorrichtung**): Нелинейное устройство (НЛУ), секущая жесткость K_{effb} и жесткость во второй ветви цикла нагрузки K_2 которого меньше, чем жесткость в первой ветви цикла нагрузки K_1.

3.1.39 **устройство со статическим рецентрированием** (statically recentring device*; statisch rückzentrierende Vorrichtung**): Устройство диссипации энергии (УДЭ), циклическая кривая «сила — перемещение» которого в третьем цикле проходит через начало координат или очень близко к нему, на расстоянии не более 0,1 d_{bd}.

3.1.40 **часть сооружения ниже сейсмоизолирующего слоя** (substructure*; Unterbau**): Часть сооружения, включая фундамент, расположенная ниже сейсмоизолирующего слоя.

3.1.41 **часть сооружения выше сейсмоизолирующего слоя** (superstructure*; Übertbau**): Сейсмоизолированная часть сооружения, расположенная выше сейсмоизолирующего слоя.

3.1.42 **дополнительное устройство рецентрирования** (supplemental recentring device*; ergänzende rückzentrierende Vorrichtung**): Устройство, циклическая кривая «сила — перемещение» которого в третьем цикле проходит через начало координат или очень близко к нему и которое для небольшого перемещения (0,1 d_{bd}) при снятии нагрузки создает силу, равную минимум 0,1 V_{Ebd}.

Примечание — Подразумевается, что дополнительная сила большая 0,1V_{Ebd}, противодействует негативному влиянию неконсервативных сил (например, трение в других устройствах, явления текучести в конструктивных элементах сооружения и т. д.) или других устройств, рассеивающих энергию без рецентрирования в целях обеспечения для всего сооружения в целом возможности полного рецентрирования. Дополнительная сила устанавливается в соответствии с требованиями к рецентрированию сооружения.

3.1.43 **устройство с временным соединением** (temporary connecting device*; temporäre Verbindungsvorrichtung**): Антисейсмическое устройство, реакцией которого является сила, зависящая от прилагаемой скорости; его принцип функционирования состоит в обеспечении системы требуемой силой реакции при динамической активности, в то время как при прилагаемых медленных движениях оно обеспечивает незначительную реакцию.

3.1.44 **теоретический билинейный цикл нелинейного устройства** (compiementary rear-centering device*; ergänzende rückzentrierende Vorrichtung**): Условно применяется для описания главных механических характеристик нелинейного устройства (НЛУ) через значения жесткости в первой ветви цикла нагрузки и во второй ветви цикла нагрузки и по следующим параметрам:

d_1 — абсцисса точки пересечения прямой линии, проходящей через начало координат с жесткостью K_1, и прямой линии, проходящей через (d_{bd}, V_{Ebd}) с жесткостью K_2, в третьем цикле нагрузки квазистатического испытания;

V_1 — ордината точки пересечения прямой линии, проходящей через начало координат с жесткостью K_2, и прямой линии, проходящей через (d_{bd}, V_{Ebd}) с жесткостью K_2 в третьем цикле нагрузки квазистатического испытания;

V_{Ebd} — сила, соответствующая d_{bd}, достигнутая в третьем цикле нагрузки во время квазистатического испытания.

---

* en.
** de.

3.2 Обозначения

Примечание — Нижеприведенный список охватывает большинство обозначений. Остальные определены при первом появлении в тексте.

3.2.1 Прописные латинские буквы

A — площадь, м^2;

F — нагрузка, сила, воздействующая на устройство, МН;

G — модуль сдвига, Мпа;

M — момент, изгибающий момент, МН·м;

N — осевая сила, МН;

V — сила сдвига, МН;

R — сопротивление, Мпа;

S — действующая сила, действующий момент, коэффициент формы, МН, МН·м;

T — температура, общая толщина, °С, мм;

E — модуль, энергия, ГПа, МДж;

K — жесткость устройства, МН/м.

3.2.2 Строчные латинские буквы

a — ускорение, длина, м·с$^{-2}$, м;

b — длина, м;

d — перемещение (поступательное движение или вращение) устройства, м;

f — прочность, частота, МПа, Гц;

t — толщина слоя, допуск, время, мм, с;

x, y — координаты по горизонтали;

z — координаты по вертикали.

3.2.3 Греческие буквы

α — коэффициент температурного расширения, угол поворота;

γ — частный коэффициент, коэффициент повышения прочности, коэффициент надежности;

ξ — коэффициент эквивалентного вязкого демпфирования;

ε — деформация;

μ — коэффициент трения.

3.2.4 Нижние индексы

a — Фактический.

3.3 Сокращения

b — опорная часть или устройство;

c — сжатие, давление;

cr — критический;

d — расчетный;

e — эластомер;

eff — эффективная, эквивалентная величина при расчетном смещении;

el — упругий;

h — горизонтальный;

i — i-й цикл, i-й элемент (общий);

in — начальное значение;

к — характеристический;

max — максимальный, максимум;

min — минимальный, минимум;

res — остаточный;

s — сталь;

sc — секущая;

u — предельное состояние;

v — вертикальный, скорость;

x — горизонтальная координата, повышенная надежность;

y — горизонтальная координата;

z — вертикальная координата;

E — относится к сейсмологической обстановке;

I — важность;

L — нижний предел рабочего диапазона;

M — материал;

R — величина сопротивления;

S — действующее значение;

U — верхний предел рабочего диапазона;

1 — согласованный предел упругости, первая ветвь в теоретическом билинейном цикле нагрузки нелинейного устройства (НЛУ);

2 — расчетное перемещение и сила, вторая ветвь в теоретическом билинейном цикле нагрузки нелинейного устройства (НЛУ);

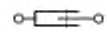
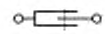
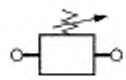
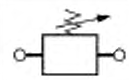
3 — третий цикл;

ϕ — относится к изгибу.

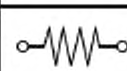
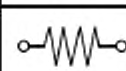
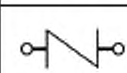
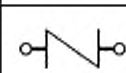
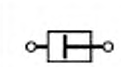
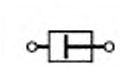
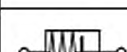
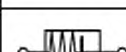
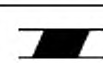
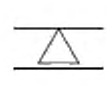
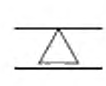
3.4 Список устройств

В таблице 1 даны графические обозначения, представляющие наиболее распространенные типы устройств.

Таблица 1 — Наиболее распространенные типы антисейсмических устройств

Описание устройства			Соответствующий раздел	Графическое представление			Примечание
				Горизонтальная проекция	Вертикальная проекция		
					Направление x	Направление y	
Устройства с жестким соединением (УЖС)	Устройства с постоянным соединением (УПС)	Неподвижное (жесткое)	5.1				Настоящий тип устройств соответствует типу 8.1 (шарнирная опора) в таблице 1 ЕН 1337-1:2000 (*)
		Подвижное	5.1				Настоящий тип устройств соответствует типу 8.2 (направляющая опора) в таблице 1 ЕН 1337-1:2000 (*)
	Предохранители-ограничители (ЗПО, ПО)	Механические предохранители-ограничители	5.2			—	
		Гидравлические предохранители-ограничители	5.2			—	
	Устройства с временным соединением		5.3			—	Настоящий тип устройств обычно обозначается как элемент передачи удара (ЭПУ)

Окончание таблицы 1

Описание устройства		Соответствующий раздел	Графическое представление			Примечание
			Горизонтальная проекция	Вертикальная проекция		
				Направление x	Направление y	
Устройства, зависящие от перемещения	Линейные устройства	6.1			—	
	Нелинейные устройства	6.2			—	
Устройства, зависящие от скорости	Жидкостно-вязкостные демпферы (ЖВД)	7.1			—	Графическое изображение также используется для демпферов с двумя поршнями
	Жидкостно-пружинные демпферы (ЖПД)	7.1			—	
Сейсмоизоляторы	Эластомерные	8.2				Сейсмоизоляторы показаны в деформированном положении, чтобы подчеркнуть их способность к деформации в горизонтальной плоскости
	Свинцово-резиновые опоры	8.2			—	
	Маятниковые скользящие опоры с криволинейной поверхностью	8.3				Графические обозначения применимы к скользящим опорам с поверхностью скольжения, изогнутой как в одной, так и в двух плоскостях
	Скользящие опоры с плоской поверхностью	8.4				Графические обозначения действительны как для типа 2.3 (опор скольжения с опорой на цилиндрическую поверхность), так и для типа 3.5 (сферические опоры скольжения) в таблице 1 ЕН 1337-1:2000 (■)

Примечание 1 — (*) — Настоящий тип устройства будет соответствовать типу F.0 (шарнирная опора) в таблице 1 пересмотренного ЕН 1337-1.

Примечание 2 — (°) — Настоящий тип устройства будет соответствовать типу G.1 (направляющая опора) в таблице 1 пересмотренного ЕН 1337-1.

Примечание 3 — (■) — Настоящий тип устройства будет соответствовать типам P.2 и S.2 соответственно в таблице 1 пересмотренного ЕН 1337-1.

4 Общие правила проектирования

Примечание 1 — Дополнительная информация касательно общих правил проектирования приведена в приложении В.

Примечание 2 — Расчет и проектирование системы изоляции всего сооружения при сейсмическом воздействии регламентируется ЕН 1998-1, со специальными требованиями к высотным зданиям — ЕН 1998-1 и ЕН 1998-2 для мостов. При расчете системы изоляции всего сооружения при сейсмическом воздействии учиты-

вают и оценивают расчетные воздействия на отдельные компоненты, включая антисейсмические устройства, при этом анализ и оценку проводят при условии проектного землетрясения, определяемого на основе расчета сооружения при сейсмическом воздействии.

4.1 Требования к рабочим характеристикам и подтверждение их выполнения

4.1.1 Основные требования

Антисейсмические устройства и их соединения с сооружением должны быть запроектированы и сконструированы таким образом, чтобы соблюдались следующие требования с достаточной степенью надежности для каждого:

a) Требование отсутствия обрушения

Антисейсмические устройства и их соединение с сооружением должны быть запроектированы и сконструированы таким образом, чтобы выдерживать сейсмические воздействия, установленные ЕН 1998-1 для зданий или ЕН 1998-2 для мостов без локальных или общих обрушений или отказов, тем самым сохраняя свою конструктивную целостность и остаточную несущую способность после сейсмических событий.

Примечание 1 — Требования к отсутствию обрушения относятся к сооружению в целом и при наличии к антисейсмическим устройствам и их соединениям с сооружением. Они не относятся к предохранителям-ограничителям (ПО). Предполагается, что в этом случае устройство может получить повреждение, в случае которого может потребоваться ремонт или замена.

b) Требование ограничения ущерба

Антисейсмические устройства и их соединение с сооружением должны быть запроектированы и сконструированы таким образом, чтобы выдержать сейсмическое воздействие, имеющее более высокую вероятность возникновения, чем расчетное сейсмическое воздействие. В этом случае не должен быть нанесен ущерб, повлекший за собой ограничения эксплуатации, стоимость которого будет несоразмерно выше в сравнении со стоимостью самого сооружения. Сейсмическое воздействие, используемое для установления требований по ограничению ущерба, определено в подразделе 2.1 (1) Р ЕН 1998-1:2004.

Примечание 2 — Предполагается, что в данном случае устройство не будет подвергнуто вовсе или будет подвергнуто незначительному повреждению, которое не потребует замены.

Другие проектные ситуации, не охваченные настоящим стандартом, также должны рассматриваться согласно правилам и требованиям соответствующих стандартов.

Примечание 3 — Это предполагает, в частности, соответствие Еврокодам.

4.1.2 Повышенная надежность сооружения

Согласно ЕН 1998-1:2004, подразделу 10.3 (2) Р, для системы сейсмоизоляции требуется повышенная надежность изоляционных устройств и их соединений с сооружениями.

Примечание 1 — Согласно ЕН 1998-1 выполнение этого требования достигается путем применения повышающего коэффициента γ_x к сейсмическим перемещениям. В ЕН 1998-2 этот повышающий коэффициент называется γ_{1s}. Рекомендуемые минимальные значения γ_x или γ_{1s} для изоляторов даны в ЕН 1998-1 и ЕН 1998-2 соответственно. Обязательные к применению значения могут быть приведены в приложениях к соответствующим национальным стандартам.

Для устройств, не используемых в системе сейсмоизоляции, в зависимости от роли, которую они играют в устойчивости конструкции после землетрясения, коэффициент надежности γ_x, превышающий или равный единице, должен применяться для сейсмического воздействия на устройства и их соединения с сооружением.

Примечание 2 — Рекомендуемые минимальные значения γ_x для устройств, отличных от сейсмоизоляторов, даны в соответствующих разделах настоящего стандарта.

Примечание 3 — В случае неудовлетворительного технического состояния сооружения владельцем или национальным уполномоченным органом могут определяться более высокие значения γ_x.

4.1.3 Функциональные требования

Устройства и их соединения с сооружением должны быть запроектированы и сконструированы таким образом, чтобы они работали в соответствии с проектными требованиями и допусками в течение всего срока службы при ожидаемых механических, физических, химических, биологических параметрах и условиях окружающей среды.

Устройства и их соединения с сооружением должны быть запроектированы, сконструированы и установлены таким образом, чтобы обеспечивалась возможность их плановой проверки и замены во время срока службы сооружения.

Примечание — Для обеспечения исполнения данного требования необходимо, чтобы проект сооружения учитывал возможность доступа к устройствам как для оборудования, так и для персонала.

4.1.4 Требования к конструктивным и механическим характеристикам

Устройства и их соединения с сооружением должны быть запроектированы и сконструированы таким образом, чтобы их рабочие характеристики соответствовали проектным требованиям, как указано ниже:

a) Требования предельного состояния по несущей способности

Примечание 1 — Оценка устройств в предельном состоянии по несущей способности связана с проектным землетрясением при учете надежности конструктивной системы.

Устройства и их соединения с сооружением следует проверить на наличие достаточной прочности и пластичности при расчетах на проектное землетрясение, при этом необходимо учитывать коэффициент надежности γ_x сооружения в соответствии с 4.1.2, а воздействия принимать согласно теории второго порядка.

В предельном состоянии по несущей способности устройства и их соединения с сооружением могут быть повреждены, но не должны достигать состояния отказа, за исключением предохранителей-ограничителей, для которых применяются требования 5.2.

После любых полученных повреждений должна быть возможна замена устройств без значительных вмешательств. При необходимости устройства должны сохранять остаточную несущую способность, как минимум равную постоянным воздействиям, которым они непосредственно подвергаются, или таким комбинациям воздействий, соответствующим проектным ситуациям (включая землетрясение), которые могут происходить после землетрясения, как определено при проектировании конструкции.

b) Требования предельного состояния по эксплуатационной пригодности

Примечание 2 — Проверка устройств в предельном состоянии по эксплуатационной пригодности связана с требованием по ограничению повреждений при соответствующем сейсмическом воздействии, как указано в 4.1.1.

В предельном состоянии по эксплуатационной пригодности устройства и их соединение с сооружением должны оставаться в работоспособном состоянии в условиях дальнейших сейсмических нагрузок. При этом допускается возникновение только самых незначительных или поверхностных повреждений, которые не должны приводить к прерыванию их применения или необходимости немедленного ремонта.

4.1.5 Соответствие рабочих характеристик

Требования к рабочим характеристикам устройств и их соединений с сооружением должны соответствовать методам, изложенным в соответствующих разделах настоящего стандарта, для определенных типов используемых устройств.

Примечание — Проверку критериев соответствия рабочих характеристик можно провести путем соответствующего моделирования или испытаний согласно соответствующим пунктам настоящего стандарта.

4.2 Воздействия на устройства

4.2.1 Проектное землетрясение и комбинации воздействий в случае землетрясения

Проектное землетрясение, определенное в 4.1.1, должно быть связано с комбинациями воздействий в случае землетрясения, установленных в EH 1990:2002, пункт 6.4.3.4.

4.2.2 Нагрузки

Комбинации воздействий, вытекающие из компонентов сейсмических воздействий на устройства, должны быть установлены, как определено в соответствующих стандартах серии EN 1998.

4.3 Концептуальное проектирование устройств

4.3.1 Надежность поведения устройств

Примечание 1 — Необходима достаточная надежность в поведении устройств и их соединений с сооружением на протяжении срока эксплуатации, как требуется в 4.1.2, в целях снижения погрешности, присущей сейсмическому проектированию.

Элементы устройства должны выполнять требования соответствующих стандартов.

Примечание 2 — Выбор материала и технологии производства строительных работ для устройства и его соединений с сооружением должен соответствовать проектным требованиям, определенным для сооружения.

Следует добиться хорошей воспроизводимости механической характеристики устройства и его компонентов, как определено соответствующими разделами настоящего стандарта.

Описание поведения устройства и его соединений с сооружением с точки зрения механики должно основываться на соответствующем моделировании и испытаниях, как требуется в 4.6 и 10.

Основные механические и физические характеристики устройства и его соединений с сооружением или его компонентов оценивают с помощью подходящих методов испытаний согласно 4.6 и разделу 10, а также другим соответствующим разделам настоящего стандарта.

Примечание 3 — За исключением проектного землетрясения, включая коэффициенты надежности, должен быть исключен риск внезапного отказа устройства с катастрофическими последствиями.

4.3.2 Расчет несущей способности

Коэффициент повышения прочности γ_{Rd}, равный 1,1, применяется к воздействиям, передаваемым устройством к соединениям.

Примечание — Воздействия, передаваемые устройством на соединения, основаны на верхнем расчетном значении характеристики (см. 4.4.2).

4.3.3 Техническое обслуживание

Все устройства и их соединения с сооружением должны быть доступны для контроля и технического обслуживания.

Примечание — За это несет ответственность инженер — проектировщик строительных конструкций. См. 10.5.1 в EH 1998-1:2004 и 7.7.3 в EH 1998-2:2005.

Во время осуществления проекта должна быть разработана программа периодической инспекции и технического обслуживания для устройств и их соединений с сооружением.

4.3.4 Модификация и замена устройств

Модификация устройств и их компонентов должна соответствовать разделам настоящего стандарта. В ином случае такая модификация не допускается.

Устройства, используемые для замены, должны соответствовать настоящему стандарту и дополнительным требованиям, изначально определенным владельцем застройки, если к моменту замены владелец застройки не выдвигает других требований.

Процедуры инспекции и технического обслуживания, определенные 4.3.3, должны обновляться в соответствии с новыми достижениями техники по мере необходимости.

4.3.5 Документация по устройству

Документация должна содержать тип устройства, его рабочие характеристики, температурный диапазон и другие внешние условия, установленные для рассматриваемого проекта.

В документации должны быть указаны детали, размеры и допуски, относящиеся к установке устройств и их соединениям с сооружением, и должна быть приведена ссылка на настоящий стандарт.

В документацию должны быть включены процедуры подтверждения для проектирования, а также результаты соответствующих первичных испытаний и испытаний в рамках заводского производственного контроля устройств, используемых в проекте.

Документация должна показывать аспекты особой важности для установки устройств и их местоположения в сооружении.

Документация должна содержать подробное описание процедур контроля и технического обслуживания, как требуется в 4.3.3 или соответствующих пунктах настоящего стандарта.

Документация должна содержать описание методов замены для устройства.

Примечание — Инженер — проектировщик строительных конструкций несет ответственность за принятие решения по поводу того, какую документацию он предоставляет сам и требует от производителя устройства.

4.4 Основные характеристики

4.4.1 Характеристики материалов

Материалы, используемые при проектировании и конструировании устройств и их соединений с сооружением, должны соответствовать действующим стандартам, если это применимо.

Характеристики материалов должны оцениваться соответствующим образом, чтобы адекватно отражать их поведение в условиях деформации и скорости деформации, которая может быть достигнута во время проектного землетрясения.

Характеристики материалов должны учитывать окружающие условия (физические, биологические, химические и ядерные), воздействию которых может подвергаться устройство на протяжении срока службы. В частности, следует корректно учитывать влияние колебаний температуры.

Характеристики материалов должны учитывать явление старения, которое может произойти в течение срока службы устройства.

Характеристики материалов должны быть представлены репрезентативными значениями.

Примечание — Определение репрезентативных значений приведено в ЕН 1990.

4.4.2 Характеристики устройства, используемые при расчете

Характеристики устройства должны учитывать график изменения нагрузок и деформации, накапливаемых при циклическом воздействии.

Характеристики устройства должны оцениваться соответствующим образом, чтобы адекватно отражать их поведение в условиях деформации и скорости деформации, которая может быть достигнута во время проектного землетрясения.

Характеристики устройства должны учитывать окружающие условия (физические, биологические, химические и ядерные), воздействию которых может подвергаться устройство на протяжении срока службы. В частности, следует корректно учитывать влияние колебаний температуры.

Характеристики устройства должны учитывать явление старения, которое может произойти в течение срока службы устройства.

Расчетные (средние) значения характеристик должны быть получены на основе первичных испытаний.

Следует установить две группы расчетных характеристик системы устройств:

- верхнее расчетное значение характеристики (ВРЗП);
- нижнее расчетное значение характеристики (НРЗП).

Общая вариация характеристик устройства должна лежать между нижним и верхним расчетными значениями. Нижнее расчетное значение должно соответствовать минимальному репрезентативному значению в условиях, в которых были получены нижние расчетные значения характеристик. Верхнее расчетное значение должно соответствовать максимальному репрезентативному значению в условиях, в которых были получены верхние расчетные значения характеристик. Оба расчетных значения должны быть получены путем рассмотрения квазипостоянных значений переменных воздействий, как определено в комбинациях воздействий для землетрясения в соответствии с ЕН 1990, за исключением температуры, для которой следует учитывать часто встречающееся значение.

Нижнее расчетное значение и верхнее расчетное значение заданной характеристики являются репрезентативными значениями, полученными в ходе методов испытания, определенных в соответствующих разделах настоящего стандарта.

Отношение между верхними и нижними репрезентативными значениями любых рабочих характеристик устройства не должно превышать пределов, установленных соответствующими разделами настоящего стандарта.

Нижние и верхние репрезентативные значения должны определяться первичными испытаниями и следующими вариациями:

- допуск на испытания заводского производственного контроля составляет ± 20 % (если более низкое значение диапазона рассеяния не было согласовано для приемочных испытаний);
- температура варьируется между T_U и T_L (являющимися верхним и нижним значениями температуры, рассматриваемыми для проектного землетрясения аналогично ЕН 1990, учитывая квазипостоянные значения температуры);
- старение, соответствующее рассматриваемому сроку службы.

Коэффициенты комбинаций воздействий должны быть такими, которые рассматриваются для комбинаций воздействий в случае землетрясения.

Примечание 1 — Важными могут быть конкретные явления, такие как кристаллизация при низкой температуре. Они рассматриваются в соответствующих разделах настоящего стандарта.

Примечание 2 — В соответствии с ЕН 1998-1:2004, подраздел 10.8 (1) Р, и ЕН 1998-2:2005, пункт 7.5.2.4 (3) Р и (4) Р, расчет конструкций учитывает предельные ситуации, выявляющиеся в результате рассмотрения всех верхних расчетных значений характеристики и нижних расчетных значений характеристики.

Примечание 3 — Значения T_U и T_L определяются в соответствии с ЕН 1991-1-5.

4.4.3 Способность к рецентрированию

При эквивалентном линейном анализе для обеспечения способности к повторному центрированию сейсмически изолированного сооружения следует его проверить для деформации от 0 до d_{Ed} на соблюдение следующего условия:

$$E_s \geq 0{,}25\, E_h, \tag{6}$$

где E_s — обратимо накопленная энергия (энергия упругой деформации и потенциальная энергия) системы сейсмоизоляции, включая элементы сооружения, влияющие на ее реакцию;

E_h — это энергия, диссипированная изоляционными устройствами.

В случаях, когда расчет выполняется с помощью временной диаграммы, должно рассматриваться самое нежелательное значение воздействия из каждой временной диаграммы. Тогда расчетное значение воздействия должно выводиться из результатов, полученных из различных расчетов по временным диаграммам в соответствии с ЕН 1998-1:2004, пункт 4.3.3.4.3.

Примечание — Согласно ЕН 1998-1, это правило также применяется к проектированию сооружения.

4.5 Основные законы

Основные законы, в соответствии с которыми действуют устройства, устанавливаются испытаниями, как этого требуют 4.6 и 10 или соответствующие разделы настоящего стандарта таким образом, чтобы было возможно правильно прогнозировать поведение сооружения в случае землетрясения.

Примечание 1 — Расчет сооружения основан на этих основных законах. Для этого расчета сооружения применяются правила, приведенные в соответствующих стандартах ЕН 1998.

Поведение устройств должно моделироваться соответствующим образом для того, чтобы учитывать как нелинейные, так и любые другие эффекты, например, связанные с зависимостью от скорости или предохранителями-ограничителями.

Примечание 2 — Для рассматриваемых устройств указания по моделированию основных законов даны в соответствующих разделах настоящего стандарта.

4.6 Оценка антисейсмических устройств

Устройство любого типа должно проходить процедуру технической оценки, которая должна включать в себя элементы, гарантирующие, что устройство соответствует его функциональным требованиям. Процедура должна подтверждать, что устройство сохранит работоспособность в своей области применения, включая сейсмическую ситуацию, на протяжении срока эксплуатации. Процедура оценки должна включать в себя, как минимум, следующие пункты:

- описание диапазонов параметров, относящихся к соответствующему рассматриваемому типу устройств, охватываемых процедурой оценки;
- метод оценки ожидаемого срока службы;
- доказательство способности устройства надежно и стабильно работать в течение своего срока службы;
- значения механических характеристик устройства, как указано в 4.4;
- диапазон приемлемых условий окружающей среды;
- описание поведения за пределами проектного землетрясения для определения значений γ_m;
- описание подходящих для анализа основных законов;
- основной закон, описывающий поведение устройства в разных условиях эксплуатации, включая все комбинации воздействий, как указано в ЕН 1990, а также представляющий физические явления, ожидаемые в течение срока эксплуатации, в частности, во время перемещения, вызываемого землетрясением.

Примечание — Следует учитывать влияние взаимодействия с примыкающими конструктивными элементами сооружения.

- первичные испытания, как требует раздел 10, охватывающие ожидаемые диапазоны применения соответствующих параметров.

Для устройства должен быть составлен отчет об оценке, включающий в себя все аспекты, рассматриваемые в ходе процедуры оценки. Отчет должен содержать, как минимум, список характеристик и описание устройства, область применения, основные законы, расчетную модель, если она включена в модель сооружения, и связанные с устройством строительные проработки. Отчет должен включать в себя всю информацию касательно геометрических, физических, биологических, химических и механических характеристик и допусков.

5 Устройства с жестким соединением

Примечание 1 — Устройства с жестким соединением используют для ограничения движения в одном или более направлении. Поэтому, в принципе, они не обладают способностью к горизонтальному деформированию. Однако некоторые деформации неизбежны и подчиняются требованиям, установленным настоящим разделом.

Примечание 2 — Тросовые ограничители не входят в область применения настоящего стандарта.

5.1 Устройства с постоянным соединением

Устройства с постоянным соединением должны допускать вертикальные осевые движения и вращение, т. е. не должны передавать вертикальные нагрузки и изгибающие моменты.

Устройства с подвижным соединением по одной оси должны ограничивать перемещения только в одном направлении. Устройства с фиксированным соединением должны ограничивать перемещения в двух направлениях.

УПС, которое не изменяет собственную частоту сооружения и не рассеивает энергию, может состоять из опорной части строительной конструкции в соответствии с EH 1337 и различных элементов, которые должны быть спроектированы и изготовлены согласно соответствующему стандарту серии EH 1337.

Нагрузки, воздействия и комбинации воздействий должны быть установлены в соответствии с EH 1337-1:2000, приложение В.

5.2 Предохранители-ограничители с разрушающимся элементом

5.2.1 Требования к рабочим характеристикам

Предохранители-ограничители или защитные ограничители ниже определенного предустановленного порога по силе (усилие разрушения) должны препятствовать любым относительным движениям между соединенными частями и в то же время свободно допускать движения, после того как вышеуказанный порог будет превышен.

Примечание 1 — Предохранители-ограничители могут быть механическими (МПО) (когда переход определяется разрушением защитных ограничителей) или гидравлическими (когда переход происходит под влиянием открытия клапана избыточного давления).

Примечание 2 — Предохранители-ограничители обычно используются для регулирования перехода между состоянием рабочей нагрузки и нагрузки в случае землетрясения. Они жестко соединяют два конструктивных элемента сооружения в целях исключения относительного перемещения для состояния рабочей нагрузки, но выше предварительно установленного порога по силе они разъединяют вышеупомянутые конструктивные элементы сооружения. В этом случае они используются для обхода системы сейсмической защиты в рабочих условиях, но позволяют ей работать во время проектного землетрясения. Чтобы избежать изменения поведения сейсмоизоляционной и/или амортизационной системы, предохранители-ограничители обычно характеризуются внезапным переходом из рабочего состояния в состояние сейсмической нагрузки.

5.2.2 Характеристики материалов

5.2.2.1 Общие положения

Дополнительно к ниже установленным требованиям материалы должны отбираться на основе их соответствия ожидаемому температурному диапазону для эксплуатации сооружения.

5.2.2.2 Материалы

Предохранители-ограничители должны быть изготовлены из материалов, соответствующих стандартам.

5.2.2.3 Крепежные элементы для несущих соединений

Требования и сертификация материалов для крепежных элементов должны касаться требований, относящихся к нагрузке и свариваемости.

Все используемые материалы должны соответствовать ИСО 898.

5.2.2.4 Сварка

Материалы для сварки должны соответствовать ЕН 1090-2.

5.2.3 Требования к проектированию

Предохранители-ограничители должны быть спроектированы таким образом, чтобы выдерживать рабочие нагрузки без пластической деформации или отказов.

ПО должны быть спроектированы таким образом, чтобы максимальная расчетная деформация не была превышена.

Примечание — Предохранители-ограничители в соответствии с требованиями для отдельного случая применения могут быть спроектированы для восприятия усталостных нагрузок.

ПО должны быть спроектированы для работы в пределах допусков на расчетную нагрузку t_d.

Для проектирования предохранителей-ограничителей для эффективной нагрузки допускается не применять коэффициент.

Для проектирования разрушающихся деталей (защитных элементов) механических предохранителей-ограничителей и настройки клапана избыточного давления для гидравлических предохранителей-ограничителей допускается не применять коэффициенты повышения прочности (нормативные нагрузки без предусмотренных коэффициентов). Коэффициент повышения прочности применим ко всем другим компонентам элементов ПО. Раздел 4 не применяется для предохранителей-ограничителей с разрушающимся элементом.

После отказа предохранители-ограничители не должны служить помехой для функционирования антисейсмических устройств (если таковые имеются).

5.2.4 Первичные испытания

5.2.4.1 Общие положения

Первичные испытания устройств следует проводить для всех проектируемых новых устройств, у которых внутренняя или внешняя геометрия, материалы или виды предохранителей-ограничителей отличаются от тех, которые уже прошли необходимые испытания.

Если сырье, используемое для производства, взято не из той же партии, что и для предыдущих устройств, расчеты, основанные на результатах испытаний имеющейся партии материала, должны подтвердить, что при использовании характеристик настоящей партии материала допуск на расчетную нагрузку не превышается.

5.2.4.2 Испытание на рабочую нагрузку

Предохранитель-ограничитель должен три раза подвергаться монотонно прикладываемой нагрузке до максимальной рабочей нагрузки.

Пластические деформации или разрушения происходить не должны. В течение трех циклов максимальная измеренная деформация, соответствующая максимальной рабочей нагрузке, должна быть меньше или равной расчетной деформации.

5.2.4.3 Испытание на усталость

Испытание на усталость должно проводиться при необходимости.

Предохранитель-ограничитель должен быть подвергнут двум миллионам циклов при ожидаемом уровне усталостной нагрузки.

Пластические деформации и разрушения происходить не должны.

В целях подтверждения того, что усталость не влияет на прочность предохранителя-ограничителя, испытание, описанное в 5.2.4.2 и 5.2.4.4, должно быть проведено на двух образцах, один подвергается усталостной нагрузке, а другой не подвергается циклической усталостной нагрузке.

5.2.4.4 Испытание на разрушение

Предохранитель-ограничитель должен подвергаться монотонному приложению нагрузки до достижения разрушающей нагрузки.

Предохранитель-ограничитель должен разрушиться в пределах допуска расчетной нагрузки t_d, установленного инженером — проектировщиком строительных конструкций.

Примечание — При отсутствии других пределов допуска, предоставляемых инженером—проектировщиком строительных конструкций, рекомендуется обычный предел допуска ± 15 %.

5.2.5 Испытания в рамках заводского производственного контроля

Если сырье, используемое для производства, взято не из той же партии, что использовалось для изготовления прототипов, методом расчета должно быть подтверждено, что при применении характеристик фактической партии материала допуск на расчетную нагрузку не будет превышен.

5.3 Устройства с временным (динамическим) соединением

5.3.1 Функциональные требования

В пределах допусков, установленных инженером — проектировщиком строительных конструкций, при превышении скорости активации устройства с временным соединением, обычно именуемые как элементы передачи удара, должны обеспечивать силу на выходе в виде растягивающей или сжимающей силы, соответствующую проектным требованиям по смещению, предоставленным инженером — проектировщиком строительных конструкций.

При наличии обусловленных изменением температуры или других медленно действующих движений устройство с временным соединением должно вырабатывать силу реакции максимум 10 % его расчетной нагрузки, или ниже, в зависимости от указаний инженера — проектировщика строительных конструкций.

Примечание 1 — Вышеприведенное требование направлено на предотвращение передачи усталостной нагрузки в конструкцию.

Скорость, связанная с зависящими от температуры и/или зависящими от времени воздействиями, может быть оценена инженером — проектировщиком строительных конструкций с учетом характеристик конкретного проектируемого сооружения. Значения порядка 0,01 мм/с обычно выше, чем большинство наблюдаемых на практике значений.

Примечание 2 — Медленное движение, вызванное воздействиями, зависящими от температуры и/или зависящими от времени, характеризуется скоростью, которая на несколько порядков ниже, чем для перемещений при землетрясении. Таким образом, значение скорости активации устройства с временным соединением (УВС) не является критическим и обычно устанавливается в диапазоне от 0,5 до 5 мм/с.

Сила реакции устройства с временным соединением может зависеть только от скорости и не может меняться при изменении положения поршня и температуры.

УВС должно работать без снижения рабочих характеристик и сокращения срока службы при силе землетрясения, определенной инженером — проектировщиком строительных конструкций.

Расчетный ход устройства с временным соединением должен учитывать длительные эффекты, обусловленные температурой перемещения, динамическую деформацию и любую настройку длины хода, требуемые инженером — проектировщиком строительных конструкций. Ход поршня должен в любом случае быть не менее ± 50 мм для мостов или ± 25 мм для прочих строений.

Чтобы сохранять передаваемую временную нагрузку на одной линии вдоль главной оси и избегать нежелательных эффектов изгиба, которые могут навредить уплотнительной системе, УВС должно быть оборудовано сферическими шарнирами на обоих концах. Инженер — проектировщик строительных конструкций должен определить предельный угол поворота самосмазывающихся сферических шарниров с учетом транспортной нагрузки, перемещений при землетрясении, неправильной установки при монтаже и т. д. Вращение в любом случае должно быть не менее ± 2°.

Пластины, головки, вилки или другие компоненты не должны создавать геометрических препятствий расчетному вращению.

5.3.2 Характеристики материалов

5.3.2.1 Общие положения

Материалы должны выбираться для ожидаемого рабочего диапазона температур, учитывая как температуру окружающей среды, так и любые изменения, вызванные работой устройства.

5.3.2.2 Материалы

Устройства с временным соединением должны быть изготовлены из черных металлов в соответствии с одним из следующих стандартов:

ЕН 10025, ЕН 10083, ЕН 10088, ИСО 3755 или ИСО 1083.

Устройства с временным соединением могут быть изготовлены из цветных металлов, но должны подвергаться процедуре получения технического допуска.

5.3.2.3 Нагруженные поверхности

Нагруженная поверхность шатуна должна быть изготовлена из нержавеющей стали или должна иметь никелевое и/или твердое хромовое покрытие, в зависимости от пригодности.

Нержавеющая сталь должна соответствовать ЕН 10088.

Процесс твердого (электролитического) хромирования должен соответствовать требованиям ЕН ИСО 6158.

Процесс никелирования должен соответствовать требованиям ЕН ИСО 4526.

Минимальная общая толщина твердого покрытия должна составлять 70 мкм, если основа материала состоит не из нержавеющей стали. В ином случае минимальная толщина может быть снижена до 40 мкм.

Покрытие не должно иметь трещин и пор.

Поверхность основного материала не должна иметь поверхностной пористости, усадочных трещин и включений.

Окончательная шероховатость поверхности R_z в соответствии с ЕН ИСО 4287 для поверхности с покрытием не должна превышать 3 мкм.

Примечание — Основной металл и покрытие могут подвергаться полировке в целях достижения определенной шероховатости.

5.3.2.4 Вязкая жидкость

Используемая вязкая жидкость должна быть нетоксичной, не воспламеняющейся и химически инертной. Если используется жидкость, отличающаяся от жидкости на основе силикона, производитель жидкости должен указать и сертифицировать вышеупомянутые характеристики.

Если другое не указано инженером — проектировщиком строительных конструкций, жидкости на основе углеводородов использовать не допускается.

5.3.3 Требования к проектированию

Устройство должно быть спроектировано таким образом, чтобы воздействие рабочих нагрузок не приводило к явлению текучести, а воздействие нагрузок, соответствующих предельному состоянию по несущей способности, не приводило к отказу.

УВС должно допускать тепловое расширение и сжатие рабочей жидкости, чтобы предотвратить чрезмерное накопление избыточного давления или разряжения.

Устройство с временным соединением должно быть спроектировано и изготовлено таким образом, чтобы в течение предполагаемого срока службы устройство не требовало технического обслуживания в ожидаемых условиях эксплуатации.

Компоненты устройства с временным соединением (например, шатун) должны быть спроектированы таким образом, чтобы избежать потери устойчивости в результате надлома при расчетной нагрузке с учетом частного коэффициента надежности в полностью выдвинутом состоянии и когда коэффициент трения для сферических шарниров принят равным 0,10 (за исключением случаев, когда доступны экспериментальные данные).

Коэффициент надежности γ_x для устройства с временным соединением должен составлять 1,5, за исключением случаев, когда имеется система защиты от перегрузки.

Если УВС оборудовано системой защиты от перегрузки, предотвращающей накопление чрезмерного давления, такая система должна начинать работу с порогом по силе 110 % проектной нагрузки. В этом случае минимальное значение коэффициента надежности γ_x должно быть 1,1, и это значение должно применяться к порогу по силе системы перегрузки.

Устройство должно быть спроектировано таким образом, чтобы выдерживать ускорение (прилагаемое к его собственной массе), действующее перпендикулярно направлению движения, равное максимальному ускорению, прогнозируемому в месте установки устройства при сейсмическом анализе. В случае отсутствия данных об ускорении устройство должно быть спроектировано таким образом, чтобы выдерживать нагрузку, перпендикулярную направлению движения, и принимать значение не менее двойного значения его собственного веса в сочетании с максимальной осевой нагрузкой.

5.3.4 Первичные испытания

5.3.4.1 Общие положения

Первичные испытания должны проводиться всегда, когда новая продукция по характеристике восприятия нагрузки отличается более чем на ± 20 % этой же характеристики уже испытанных изделий, и имеет ход поршня более чем на 20 % выше, чем такой же элемент, который испытывался ранее. Чтобы

предыдущие испытания могли рассматриваться как действительные, проект и материалы должны быть такими же, как те, что использовались ранее.

Испытания, перечисленные ниже, необязательно выполнять в том же порядке, в котором они представлены, за исключением того, что испытание уплотнения на износостойкость должно быть проведено до испытания на ударную нагрузку и перед испытанием на способность работать с перегрузкой. В случае, когда не удалось выполнить описанные ниже испытания, они должны быть проведены повторно при минимальной и максимальной ожидаемым рабочим температурам.

5.3.4.2 Испытание давлением

Если возможно, то к каждому устройству с временным соединением должно быть подано внутреннее давление, равное 125 % давления, соответствующего максимальной нагрузке УВС. Давление должно удерживаться в течение 120 с.

При последующей эксплуатации не должно наблюдаться видимой утечки или следов физического износа или ухудшения рабочих характеристик в последующий период.

5.3.4.3 Испытание при низкой скорости

Примечание — Цель испытания при прилагаемой низкой скорости нагружения — оценить сопротивление устройства с временным соединением осевой силе при моделируемых перемещениях, обусловленных температурой.

График нагружения должен быть следующим: один (1) полный цикл с возвращением в исходную точку для приложенного осевого перемещения $0 - d_{th} - 0 - (- d_{th}) - 0$ при постоянной скорости $v_t \le 0{,}1$ мм/с.

Критерий приемки должен быть следующим.

- на всем протяжении цикла перемещения устройство с временным соединением должно создавать силу реакции не более 10 % его расчетной нагрузки или меньшее значение, в зависимости от требований инженера — проектировщика строительных конструкций.

Как график нагружения (осевое перемещение по времени), так и кривую «сила—перемещение» следует постоянно записывать и отображать визуально.

Альтернативное испытание должно проходить следующим образом. Один (1) полный цикл с возвращением в исходную точку для постоянной силы, равной 10 % расчетной силы, от 0 до минимума $d_{th}(d_+)$, затем до минимума $d_{th}(d_-)$ и обратно до 0.

Критерий приемки должен быть следующим:

- средняя записанная постоянная скорость $(2(|d_+| + |d_-|)/T$, где T — длительность цикла) должна быть выше 0,01 мм/с.

Значение d_{th} устанавливается инженером — проектировщиком строительных конструкций, но не должно быть менее 10 мм.

Как график нагружения (осевая сила по времени), так и кривую перемещения по времени следует постоянно записывать и отображать визуально.

5.3.4.4 Испытание износа уплотнения

Примечание — Цель настоящего испытания состоит в том, чтобы гарантировать, что уплотнение выдержит перемещения, обусловленные температурой, на протяжении предполагаемого расчетного срока эксплуатации без утечки жидкости.

Устройство с временным соединением должно пройти циклическое испытание в течение 10000 циклов нагрузки с амплитудой, равной ожидаемому максимальному тепловому перемещению.

Так как большинство УВС характеризуются высокой реакционной способностью даже при низкой скорости, основную систему отверстий можно обходить в целях снижения реакции устройства с временным соединением и уменьшения роста давления. Таким образом, испытание может быть проведено за более короткое время. В альтернативном случае на выбор производителя и всегда, когда внутреннее рабочее давление УВС ниже 2 МПа, жидкость полностью или частично сливают до проведения испытания и вновь заливают в устройство с временным соединением по окончании испытания.

После испытания устройство с временным соединением должно пройти испытание в соответствии с 5.3.4.5 и 5.3.4.6 для проверки правильности функционирования уплотнительной системы.

5.3.4.5 Испытание на ударную нагрузку

Примечание 1 — Цель настоящего испытания состоит в том, чтобы проверить поведение устройства с временным соединением с точки зрения скорости активации и перемещения, когда это устройство подвергают проектной нагрузке, прилагаемой в форме удара.

График нагружения должен быть задан следующим образом: прикладывают проектную нагрузку за менее чем 0,5 с, удерживают ее в течение 5 с, изменяют направление нагрузки на противоположное за менее чем 1 с и, наконец, сохраняют нагрузку постоянной еще в течение 5 с.

Примечание 2 — Инженер — проектировщик строительных конструкций может повысить время действия постоянной нагрузки.

Критерий приемки должен быть следующим:

- перемещение после первых 0,5 с не должно превышать расчетного значения при расчетной силе F_d, в то время как при изменении силы от $+F_d$ до $-F_d$ величина суммарной деформации не должна превышать двойного расчетного значения;
- скорость, измеряемая во время приложения постоянной нагрузки, не должна превышать скорости активации.

5.3.4.6 Испытание на перегрузку

Примечание — Целью настоящего испытания является проверка способности устройства с временным соединением к перегрузке или активации системы защиты от перегрузки.

График нагружения должен быть задан следующим образом: приложить нагрузку равную 1,5-кратной расчетной нагрузке за менее чем 0,5 с, удерживать ее в неизменном состоянии в течение 5 с, изменить направление нагрузки на противоположное за менее чем 1 с, и наконец, сохранять нагрузку постоянной еще 5 с.

Если устройство оборудовано системой защиты от перегрузки с установленной силой ниже, чем 1,5-кратная расчетная нагрузка, испытание допускается проводить для проверки активации системы защиты от перегрузки.

Критерий приемки должен быть следующий:

- устройство не должно демонстрировать какого-либо повреждения системы и не должно демонстрировать утечек жидкости.

5.3.4.7 Испытание при циклических нагрузках

Примечание — Целью испытания является оценка поведения устройства с временным соединением, когда оно подвергается расчетной нагрузке, применяемой циклически на период времени, равный длительности ожидаемого землетрясения.

График нагружения должен быть задан следующим образом: прикладывают серию циклов синусоидальной силы, вызывающей перемещения, например $F(t) = F_0 \sin(2\pi f_0 t)$, где ход поршня d_0, частота f_0, Гц, и длительность испытания выбираются инженером — проектировщиком строительных конструкций. Длительность испытания должна равняться длительности для сильной фазы ожидаемого землетрясения, но в любом случае должна быть не менее 15 с.

Критерий приемки должен быть следующим:

- перемещение УВС при расчетной нагрузке не должно превышать расчетного значения;
- устройство не должно демонстрировать каких-либо повреждений системы и не должно демонстрировать утечек жидкости.

5.3.5 Испытания в рамках заводского производственного контроля

В целях проверки качества одна единица товара из партии должна быть подвергнута следующим испытаниям:

- давлением;
- испытанию при низкой скорости;
- испытанию на ударную нагрузку.

Партия изделий определяется как совокупность не более 20 единиц, обладающих одинаковыми проектными конструктивными характеристиками, за исключением хода поршня. Единицей продукции, подлежащей испытанию в пределах производственной партии, должно быть устройство, имеющее наиболее длинный ход.

Испытание давлением должно проводиться на 100 % единиц продукции.

Все испытания должны проводиться при температуре окружающей среды (23 ± 3) °С.

В таблице 2 приведен краткий обзор необходимых испытаний в рамках первичных испытаний и испытаний в рамках заводского производственного контроля (ЗПК).

Таблица 2 — Начальные первичные испытания и испытания для заводского производственного контроля

	Испытание давлением	Испытание при низкой скорости	Испытание на износ уплотнения	Испытание на ударную нагрузку	Испытание на перегрузку	Испытание при цикличес-ких нагрузках
Первичные испытания	x*	x	x*	x	x*	x
Испытания в рамках ЗПК	x*	x*		x*		
* Испытание всегда проводится при температуре окружающей среды.						

6 Устройства, зависящие от перемещения

6.1 Общие положения

В настоящем разделе рассматриваются требования к проектированию и производству линейных и нелинейных антисейсмических устройств, которые не несут вертикальных нагрузок, поведение которых в основном зависит от перемещения, а не от скорости, для использования в сооружениях, возведенных в сейсмоопасных областях в соответствии с ЕН 1998.

Примечание 1 — Линейные устройства характеризуются линейным или квазилинейным поведением и используются для изменения динамических характеристик конструктивной системы сооружения в благоприятную сторону. Нелинейность и/или диссипация энергии должны быть совместимы с линейным моделированием для расчетного анализа конструктивных систем, включая эти устройства.

Примечание 2 — Нелинейные устройства характеризуются сильно нелинейным поведением и используются для изменения динамических характеристик конструктивной системы сооружения в благоприятную сторону, вводя существенную нелинейность и/или диссипацию энергии, которые должны надлежащим образом учитываться в нелинейном моделировании для расчетного анализа конструктивных систем, включая эти устройства.

6.2 Требования к рабочим характеристикам

Устройства, зависящие от перемещения, с учетом частного коэффициента надежности γ_b для максимального значения силы или перемещения устройства, а также несейсмических воздействий, которые могут повлиять на начальную конфигурацию устройства, должны быть в состоянии выдерживать перемещение $\gamma_x d_{bd}$.

Характеристика «сила — перемещение» устройства измеряется до перемещения $\gamma_b \gamma_x d_{bd}$ или силы $\gamma_b \gamma_x V_{Edb}$, в зависимости от того, что достигается раньше.

Кривая «сила — перемещение» устройства в фазе нагрузки не должна показывать тенденцию к снижению при увеличении перемещения до $\gamma_b \gamma_x d_{bd}$ или силы до $\gamma_b \gamma_x V_{Edb}$.

Значение γ_b должно быть не менее 1,1.

Всякий раз, когда устройство, зависящее от перемещения, используется в качестве компонента системы сейсмической изоляции зданий, мостов или других сооружений, значения γ_b и γ_x должны быть установлены в соответствии со способностью к горизонтальному смещению изоляторов (см. раздел 8).

Поведение устройства, зависящего от перемещения, определяется эффективной жесткостью K_{effb} и эквивалентным демпфированием ξ_{effb}, а также жесткостью K_1 в первой ветви цикла нагрузки и жесткостью во второй ветви цикла нагрузки K_2 в случае НЛУ.

Примечание 1 — Для того чтобы использовать теоретический билинейный цикл для моделирования поведения устройства при нелинейном моделировании, кривая снятия нагрузки теоретического цикла должна быть максимально приближенной к реальному поведению устройства. С этой целью значение ξ_{effb} теоретического цикла не должно отличаться от значения ξ_{effb} третьего цикла нагрузки первичного испытания более чем на ± 10 %.

Устройство, зависящее от перемещения, должно соответствовать требованиям для несейсмических условий, как определено инженером — проектировщиком строительных конструкций, согласно соответствующим стандартам.

ЛУ должно иметь эквивалентное демпфирование гистерезисной диссипации $\xi_{effb,h}$ меньше, чем 15 %, и соотношение $|K_{effb,h} - K_{1,h}|/K_{1,h}$ меньше, чем 0,2.

Примечание 2 — Гистерезисные свойства линейного устройства, такие как эквивалентное демпфирование гистерезисной диссипации энергии $\xi_{effb,h}$ и соответствующие значения жесткости $K_{effb,h}$ и $K_{1,h}$, могут быть оценены путем циклических испытаний при очень низкой частоте, например $f < 0{,}001$ Гц.

Экспериментальные значения поведенческих параметров могут отличаться от расчетных значений вследствие процесса производства или условий эксплуатации устройств. Эти отклонения должны быть исследованы экспериментально, чтобы установить верхний и нижний пределы значений, которые будут учитываться при проектном расчете.

Примечание 3 — Учитываемые параметры жесткости и диссипации энергии в полной мере описывают теоретическое поведение устройства, поэтому предельные значения отклонений параметров жесткости косвенно применяются также для других взаимосвязанных параметров, например силы и перемещения.

Максимальное различие экспериментальных значений поведенческих параметров, полученных в ходе первичных испытаний, в отношении расчетных значений или значений в нормальных условиях эксплуатации, должно быть в пределах допусков, указанных в таблицах 3 и 4 для линейных устройств и нелинейных устройств соответственно. Эти предельные значения относятся к изменениям в поставляемой партии изделий (статистическое рассеяние), а также к отклонениям, обусловленным старением, температурой и скоростью перемещения.

Отклонения должны оцениваться с учетом третьего цикла первичного испытания.

Максимальные отклонения, связанные со статистическим рассеянием в предназначенных к поставке изделиях, должны быть определены по отношению к расчетному значению.

Максимальные отклонения, связанные со старением, температурой и скоростью деформации, должны быть определены по отношению к значению в нормальных условиях эксплуатации, которое относится к новому устройству, испытываемому при (23 ± 5) °С.

Различия в зависимости от температуры должны быть определены относительно верхнего и нижнего значений расчетной температуры.

Отклонения в зависимости от скорости деформации должны быть определены относительно изменения частоты ± 50 %.

Примечание 4 — Для устройств, основные элементы которых выполнены из стали, благодаря обусловленной свойствами материала существенной нечувствительности к скорости деформации в обычном диапазоне сейсмических воздействий, такие различия могут быть приняты равными нулю.

Общее отклонение, которое следует учитывать при оценке верхнего и нижнего расчетных значений, как установлено в ЕН 1998, является линейной комбинацией отдельных отклонений, где комбинационные коэффициенты должны учитывать вероятность одновременного появления таких отклонений.

Примечание 5 — Если нельзя провести более точное исследование, можно принять коэффициент, равный 0,7, для всех компонентов отклонения.

Чтобы обеспечить стабильное поведение при циклических нагрузках, отклонения в ряде циклов нагрузки, относящихся к тому же смещению, должны быть ограничены следующим образом:

$$\frac{|K_{effb,i} - K_{effb,a}|}{K_{effb,a}} \le 0{,}10 \text{ для линейных устройств;} \quad (7)$$

$$\frac{|K_{2,i} - K_{2,a}|}{K_{2,a}} \le 0{,}10 \text{ для нелинейных устройств;} \quad (8)$$

$$\frac{|\xi_{effb,i} - K\xi_{effb,a}|}{\xi_{effb,a}} \le 0{,}10 \text{ для ЛУ и НЛУ.} \quad (9)$$

Здесь индекс 3 относится к величинам на третьем цикле нагрузки и индекс i относится к величинам на i-м цикле нагрузки испытания, за исключением первого цикла ($i \ge 2$).

Таблица 3 — Предельные значения для отклонений линейных устройств

	(1) Поставка	(2) Старение	(3) Температура	(4) Скорость деформации
K_{effb}	± 15 %	± 20 %	± 40 %	± 10 %
ξ_{effb}	± 15 %	± 15 %	± 15 %	± 10 %

Соотношение между верхними и нижними характеристическими значениями, связанными с любыми свойствами материала, относящимися к рабочим характеристикам, не должно превышать 1,4 для металлических компонентов и 1,8 для неметаллических компонентов.

Таблица 4 — Предельные значения для отклонений нелинейных устройств

	(1) Поставка	(2) Старение	(3) Температура	(4) Скорость деформации
K_2	± 15 %	± 20 %	± 20 %	± 10 %
K_{eff}	± 15 %	± 20 %	± 40 %	± 10 %
ξ_{eff}	± 10 %	± 15 %	± 15 %	± 10 %

Если расчетное соотношение увеличения жесткости $(K_2/K_1)_d$ не превышает 0,05, пределы допуска по K_2, приведенные в таблице 2, больше не действительны и должны быть заменены следующими пределами:

$$\left| (K_2/K_1) - (K_2/K_1)_d \right| \le 0{,}0 \text{ для (1), (2), (3), (4).} \quad (10)$$

Рабочие характеристики устройства в условиях проектного землетрясения определяются инженером — проектировщиком строительных конструкций путем указания d_{bd}, K_{effb} и ξ_{effb}, наряду с K_2, K_1 для нелинейных устройств или эквивалентных параметров, определяющих кривую «сила — перемещение», а также ожидаемое число циклов при проектном землетрясении, скорость перемещения, диапазон расчетных температур, условия окружающей среды для старения.

Расчетные значения параметров, характеризующих кривую «сила — перемещение» нелинейного устройства, устанавливаются в соответствии с результатами нелинейного расчета по всей конструктивной системе, включая устройства, при сейсмических воздействиях.

Расчет должен учитывать нелинейное поведение нелинейного устройства, которое является частью всей конструктивной системы. Должны быть выполнены следующие условия:

- значение перемещения d_{bd} не должны быть меньше перемещения, возникающего под действием расчетного сейсмического воздействия в предельном состоянии по несущей способности;
- величина перемещения (т. е. остаточное перемещение при нулевой силе в конце землетрясения), возникающего под действием расчетного сейсмического воздействия в предельном состоянии по несущей способности, не должна превышать значения d^*, где d^* — параметр, устанавливаемый на национальном уровне (рекомендуемое значение составляет 5 % d_{bd}, но не менее 10 мм).

6.3 Материалы

6.3.1 Общие положения

Материалы в устройстве могут использоваться в частях устройства, выполняющих различные функции. Можно выделить две главные функции: «основная» функция, характеризующая циклическое поведение устройства в случае землетрясения, и «несущая» функция.

Основные материалы должны удовлетворять требованиям, указанным в следующих пунктах.

Материалы несущих элементов должны удовлетворять соответствующему стандарту, если таковые имеются, или другому действующему стандарту.

6.3.2 Эластомеры

Требования к первичным испытаниям эластомера для конкретного устройства устанавливаются производителем, чтобы убедиться в том, что материал пригоден для выполнения требований, установ-

ленных к рабочим характеристикам устройства. Должно быть установлено требование к прочности сцепления с соответствующим материалом основания, если эластомер связан с элементом для крепления или армирования.

Примечание 1 — Требования 8.2.2.1 могут быть использованы в качестве руководства.

Требования испытаний эластомера в рамках заводского производственного контроля устанавливаются производителем для обеспечения постоянных характеристик материала.

Примечание 2 — Для эластомера со слабым демпфированием на основе полихлоропрена или природного каучука требования должны, как минимум, удовлетворять требованиям, указанным в таблице 8 раздела 8; для эластомеров с высоким демпфированием требования должны удовлетворять, как минимум, требованиям, приведенным в таблице 9 раздела 8.

6.3.3 Сталь

Сталь, используемая в устройствах, должна удовлетворять требованиям, приведенным в EH 10025, EH 10083 и EH 10088.

6.3.4 Другие материалы (специальная сталь, нержавеющая сталь, сплавы с памятью формы, вязкоупругие полимерные материалы)

Другие материалы должны соответствовать действующим стандартам. Дополнительные испытания должны устанавливаться в соответствии с требуемым поведением материала в устройстве.

6.4 Проведение испытаний

6.4.1 Общие положения

Соответствие фактических механических характеристик сейсмических устройств в пределах установленных допусков требованиям к рабочим характеристикам должно быть подтверждено результатами конкретных испытаний.

Испытания должны проводиться приложением циклической деформации в соответствии с графиком и методами, указанными ниже. В ходе испытаний значения силы и перемещения должны постоянно регистрироваться, таким образом, характеризуя весь ход последовательных циклов.

Испытания должны проводиться на полностью смонтированных устройствах. Однако если какое-либо важное взаимодействие между функциями различных элементов не известно, можно провести отдельные испытания на отдельных основных элементах. В таком случае фактическое поведение этого устройства должно быть подтверждено с помощью вычислений и данных по связи и взаимодействиям между различными элементами.

Механические испытания включают в себя:

- первичные испытания материалов;
- испытания материалов в рамках заводского производственного контроля;
- первичные испытания устройств;
- испытания устройств в рамках заводского производственного контроля.

6.4.2 Первичные испытания материалов

6.4.2.1 Общие положения

Для подтверждения соответствия установленным требованиям, указанным в 6.3, должны быть выполнены первичные испытания. Если метод испытания в действующем стандарте не приведен, метод устанавливается производителем для обеспечения того, что материал подходит для достижения требований к рабочим характеристикам устройства.

Для материала, выполняющего только несущую функцию, методы испытания должны соответствовать стандарту (при его наличии) действующему для этого материала, в противном случае методы должны быть установлены производителем.

Для материалов, которые являются частью механизма устройства, вид и метод испытания должны соответствовать действующим стандартам (при их наличии), в противном случае методы устанавливаются в индивидуальном порядке производителем, если ниже не указано иное, при этом для устройств необходимо рассмотреть следующие аспекты:

- соотнесение поведения измеряемого материала и его поведения в устройстве;
- оценка изменения поведения материала по отношению к изменениям условий окружающей среды, температуре материала, старению, скорости деформации;
- оценка взаимосвязи между поведением материала и рабочими характеристиками устройства.

Потребности должны быть обоснованы в документе, за который производитель несет полную ответственность, в котором должна быть четко показана связь между поведением материала и поведением устройства.

6.4.2.2 Эластомер

Для подтверждения соответствия требованиям, установленным в 6.3.2, должны быть выполнены испытания эластомера. Испытания для установления соответствия с требованиями 8.2.2.1 должны проводиться в соответствии с методами, упомянутыми в 8.2.4.2. Другие методы испытаний и методики должны соответствовать международным (ИСО) или европейским (ЕН) стандартам (при их наличии), кроме того:

- образцы могут быть изготовлены (вулканизированы) из эластомерной смеси, твердеющей, насколько это возможно, при тех же условиях, что и эластомер в устройстве, или вырезаны непосредственно из устройства;
- испытания динамического сдвига должны соответствовать 8.2.4.2.5.2.

6.4.2.3 Сталь

Необходимо свидетельство на основе действующих стандартов. Другие испытания могут быть установлены в зависимости от соответствующей функции материала в устройстве.

6.4.2.4 Сплавы с памятью формы

Сплавы с памятью формы должны быть испытаны в мартенситном (невысокоэластичность) или в аустенитном (высокоэластичность) состоянии в соответствии с их использованием в устройстве.

Необходимо провести следующие испытания:

a) Измерения с использованием дифференциальной сканирующей калориметрии: определение трансформационных характеристик сплавов, в частности температур перехода, особенно тех, которые касаются преобразований фазного мартенсита — аустенита и наоборот.

b) Квазистатические испытания на разрыв при растяжении со скоростью деформации, меньшей или равной 0,002 $с^{-1}$, (23 ± 5) °С и при предельных значениях диапазона рабочих температур.

c) Испытания на растяжение при нагрузке или снятии нагрузки на высокоэластичной проволоке: определение поведения образца и его разрушающей нагрузки при различных скоростях деформации (0,05 $с^{-1}$; 0,2 $с^{-1}$; 0,8 $с^{-1}$) и температурах (см. выше). Амплитуды цикла деформации должны составлять 3 %; 6 %; 9 %; 12 %, до отказа. По десять циклов должны повторяться для каждой амплитуды, каждой скорости деформации и каждой температуры, на отдельных образцах из того же материала.

d) Циклические испытания компонентов из сплавов с памятью формы, подвергающие их напряжению в условиях, которым они подвергаются в устройствах во время ответной реакции конструкции на проектное землетрясение (например, при нагрузке на растяжение или при снятии нагрузки для высокоэластичной проволоки, при изгибе или кручении для стержней и т. д.), т. е. минимум с теми же уровнем максимальной деформации и средней частотой. Минимум десять циклов должны быть выдержаны компонентом без разрушения.

6.4.2.5 Другие материалы

Необходимо свидетельство на основе действующих стандартов. Другие испытания могут быть определены в зависимости от соответствующей функции материала в устройстве.

6.4.3 Испытания материалов в рамках заводского производственного контроля

6.4.3.1 Общие положения

Должна быть оценена однородность каждой производственной партии. Испытания материалов в рамках заводского производственного контроля должны быть выполнены для установления соответствия требованиям, установленным в 6.3.

Если метод испытания в действующем стандарте не приводится, число образцов должно быть не менее двух на каждую партию продукции.

Примечание — Эта рекомендация предназначена для обеспечения возможности использования недавно сконструированных устройств, в том числе из новых материалов, для которых квалифицированные процедуры для испытания необходимого поведения еще не стандартизованы.

6.4.3.2 Эластомер

Испытания в рамках заводского производственного контроля должны быть выполнены для подтверждения соответствия эластомера требованиям, установленным в 6.3.2.

Испытания для подтверждения соответствия требованиям 8.2.2.1 должны осуществляться в соответствии с методами, установленными в 8.2.4.2.

Испытания для подтверждения соответствия с другими требованиями должны соответствовать международным или европейским стандартам (при их наличии) кроме того:

- образцы могут быть изготовлены (вулканизированы) из эластомерной смеси, твердеющей, насколько это возможно, при тех же условиях, что и эластомер в устройстве, или вырезаны непосредственно из устройства;
- испытания динамического сдвига должны соответствовать 8.2.4.2.5.2.

6.4.3.3 Сталь

Необходимо свидетельство на основе действующих стандартов. Другие испытания могут быть определены в зависимости от соответствующей функции материала в устройстве.

6.4.3.4 Сплавы с памятью формы

Сплавы с памятью формы должны быть испытаны в мартенситном (невысокоэластичность) или в аустенитном (высокоэластичность) состоянии в соответствии с их использованием в устройстве.

Необходимо провести следующие испытания:

a) Измерения с использованием дифференциальной сканирующей калориметрии: определение трансформационных характеристик сплавов, в частности температур перехода, особенно тех, которые касаются преобразований фазовых мартенсита — аустенита, и наоборот.

b) Квазистатические испытания на разрыв при растяжении со скоростью деформации, меньшей или равной 0,002 $с^{-1}$, при (23 ± 5) °С.

c) Испытания на растяжение при нагрузке или снятии нагрузки на высокоэластичной проволоке при скорости деформации 0,02 $с^{-1}$ и температуре (23 ± 5) °С. Амплитуды цикла деформации должны составлять 3 %, 6 %, 9 %, 12 %, до отказа. Должны повторяться по десять циклов для каждой амплитуды.

6.4.3.5 Другие материалы

Необходимо свидетельство на основе действующих стандартов. Другие испытания могут быть установлены в зависимости от соответствующей функции материала в устройстве.

6.4.4 Первичные испытания устройств

Первичные испытания устройств должны проводиться всегда, когда разработаны новые устройства с внутренней или внешней геометрией, материалами или видом креплений, отличающимися от тех, для которых уже была проведена оценка.

Если геометрические линейные различия меньше 20 %, а результаты можно соответствующим образом экстраполировать на новые устройства, новые первичные испытания выполнять не нужно.

Минимум одно прототипное устройство должно быть испытано. Устройства, используемые для испытаний опытного образца, не должны устанавливаться в конструкции, если механические характеристики устройства пострадали от испытаний или полностью не восстановлены, например, заменой основных элементов.

Устройства должны быть испытаны вместе с системой крепления.

Методики проведения испытаний должны воспроизводить рабочие условия и крепления устройства.

В общем случае первичные испытания должны проводиться на образцах, выполненных в масштабе 1:1.

Если мощность устройства превышает возможный диапазон рабочих характеристик действующего испытательного оборудования, испытания могут быть проведены на образцах уменьшенного масштаба (геометрический коэффициент масштабирования не меньше 0,5) при условии, что выполнены соответствующие механические условия подобия. Производитель должен представить документ, в котором распространение результатов на полномасштабные устройства подтверждено расчетами и по возможности испытаниями, проведенными на полномасштабных основных элементах. Образцы должны быть нагружены таким образом, чтобы возникали те же напряжения и деформации, которые возникают при ответной реакции устройства на проектное землетрясение.

Примечание 1 — Если никаких важных взаимодействий между функциями различных элементов не происходит, можно провести отдельные испытания на отдельных полномасштабных основных элементах. В таком случае фактическое поведение этого устройства должно быть проверено с помощью расчетов по связи и взаимодействиям между различными элементами.

В целом, динамические испытания должны проводиться для воспроизведения фактических рабочих условий устройства. Если можно показать, что скорость имеет незначительное влияние, допускается провести квазипостоянные испытания. Если инженером — проектировщиком строительных кон-

струкций не предусмотрена другая программа, связанная с некоторыми особыми рабочими условиями, испытания должны включать в себя шаги, перечисленные ниже.

a) Расчет цикла «сила — перемещение». Должны быть проведены испытания, циклы которых характеризуются увеличением амплитуды на 25 %, 50 %, 100 % максимального перемещения, которое должно быть минимум равным $\pm d_{bd}$. Проводят по пять циклов для каждой промежуточной амплитуды и минимум десять циклов для максимальной амплитуды. Если используются масштабные образцы, испытательные перемещения и циклическая частота нагружения должны быть соответствующим образом изменены. Устройство не должно отказать и должно сохранять свои характеристики неизменными в течение испытания. Если основной период колебаний конструктивной системы, в которой будет использоваться устройство, значительно меньше 2 с, соответствующее увеличение числа циклов испытаний при $\pm d_{bd}$ устанавливается инженером — проектировщиком строительных конструкций. В случае линейных устройств, для которых следует оценить гистерезисный компонент диссипации энергии, предыдущая последовательность испытаний должна проводиться также с частотой нагружения не более 0,001 Гц, минимум по три цикла для каждой амплитуды.

Примечание 2 — Одним из важных параметров, который инженер — проектировщик строительных конструкций должен тщательно учитывать в обязательном порядке, является число циклов, которые будут прилагаться к образцам, так как это связано с продолжительностью землетрясения и собственной частотой колебаний сооружений в целом. Число в десять циклов связано с использованием устройств в системах сейсмоизоляции, дающих основные периоды колебаний порядка 2 с.

b) Испытание при линейном нарастании прилагаемой нагрузки для статической оценки при отказе. Деформации прилагают при низкой скорости. Должно быть приложено перемещение не менее d_{bd}, умноженное на γ_b и γ_x, или сила не менее V_{Ebd}, умноженная на γ_b и γ_x, в зависимости от того, какая величина будет достигнута раньше. Если используются масштабированные образцы, испытательные перемещения должны быть соответствующим образом изменены. Сила в устройстве не должна снижаться при одновременном увеличении перемещения.

Эффекты старения, температуры и частоты нагружения должны быть оценены или на образце, который использовался для первичных испытаний, посредством повторения шага a) в различных условиях, определенных инженером — проектировщиком строительных конструкций, или на основном механизме, основных элементах или основных материалах. В последнем случае воздействие на общее поведение устройства должно быть оценено количественно. Основные компоненты образца должны быть заменены, если испытание вызывает необратимые изменения в компоненте. Если основной механизм изготовлен на основе стали или свинца, и предусматривается надлежащая защита основных элементов от воздействий окружающей среды, эффектами старения допускается пренебречь.

6.4.5 Испытания устройств в рамках заводского производственного контроля

Испытания в рамках заводского производственного контроля должны всегда осуществляться на устройствах до их установки. Должны быть обеспечены возможность идентификации каждого устройства и отнесение устройства к той производственной партии, к которой оно принадлежит.

Испытание по шагу a) 6.4.4 осуществляется минимум на 2 % поставляемого числа изделий, с минимальным числом устройств. Испытанные устройства могут быть установлены в сооружение, если показано, что усталостная прочность их основных элементов на один порядок больше, чем число циклов, пройденных во время испытания. В любом другом случае они не должны устанавливаться в сооружение, если их механические характеристики полностью не восстановлены, например, заменой нелинейных механизмов или основных элементов.

7 Устройства, зависящие от скорости

7.1 Функциональные требования

Примечание — В настоящем разделе рассмотрены два типа вязкостных демпферов: жидкостно-вязкостный демпфер и жидкостно-пружинный демпфер. Общий термин «вязкостный демпфер» относится к обоим типам.

В пределах допусков, устанавливаемых инженером — проектировщиком строительных конструкций, вязкостный демпфер обеспечивает силу реакции на растяжение или сжатие, что соответствует основному закону, заявленному производителем по диапазону скорости, который включает в себя минимум две октавы вниз по сравнению с максимальным расчетным уровнем.

Вязкостный демпфер должен быть способен работать на уровнях энергии, указанных инженером — проектировщиком строительных конструкций, без снижения рабочих характеристик или ухудшения пригодности.

Сила реакции жидкостного вязкостного демпфера должна зависеть от скорости и не должна изменяться с положением хода демпфера. Инженер — проектировщик строительных конструкций устанавливает приемлемое изменение силы реакции в связи с изменениями окружающей среды или внутренней температуры, или в связи с такими причинами, как старение, износ и т. д.

Сила реакции жидкостного пружинного демпфера будет зависеть от скорости и значения хода. Инженер — проектировщик строительных конструкций устанавливает приемлемый диапазон колебаний демпфирующей силы в связи с изменениями окружающей среды или внутренней температуры, или в связи с такими причинами, как старение, износ и т. д.

Расчетный ход демпфера должен учитывать долговременные эффекты, термически индуцированные и сейсмические перемещения, а также любую длину отладки, требуемую инженером — проектировщиком строительных конструкций. Ход в любом случае должен быть не менее ± 50 мм для мостов или ± 25 мм для зданий.

Демпфер должен быть оборудован самосмазывающимися шаровыми шарнирами на каждом конце, чтобы передавать нагрузки вдоль главной оси и избежать эффектов нежелательного изгиба, которые могут вызвать вредные последствия для системы уплотнения.

Предельный угол поворота сечения шаровых шарниров определяется инженером — проектировщиком строительных конструкций с учетом эффектов временной нагрузки, сейсмических перемещений, перемещений при монтаже и т. д. Вращение в любом случае должно быть не менее ± 2°.

Плиты с хомутами или другие компоненты не должны создавать геометрические препятствия расчетному вращению.

7.2 Свойства материалов

7.2.1 Общие положения

Материалы должны выбираться для ожидаемого рабочего диапазона температур, учитывая как температуру окружающей среды, так и любые изменения, вызванные работой устройства.

7.2.2 Материалы

Вязкостные демпферы должны быть изготовлены из черных металлов в соответствии с одним из следующих стандартов:

ЕН 10025, ЕН 10083, ЕН 10088, ИСО 3755 или ИСО 1083.

Демпферы могут быть выполнены из цветных металлов, но должны быть подвергнуты процедуре получения допуска.

7.2.3 Нагруженные поверхности

Вся нагруженная поверхность штока поршня должна быть изготовлена либо из нержавеющей стали, либо с никелированным и/или с твердым хромовым покрытием, нанесенным в зависимости от пригодности для обеспечения защиты от коррозии и/или обеспечения износостойкости.

Процесс твердого (электролитического) хромирования должен соответствовать требованиям ЕН ИСО 6158.

Процесс никелирования должен соответствовать требованиям ЕН ИСО 4526.

Нержавеющая сталь должна соответствовать ЕН 10088.

Минимальная общая толщина твердого покрытия должна составлять 70 мкм, за исключением случаев, когда основа материала состоит из нержавеющей стали, в этом случае минимальная толщина покрытия может быть снижена до 40 мкм.

Покрытие не должно иметь трещин и пор.

Поверхность основного материала не должна иметь поверхностной пористости, усадочных трещин и включений.

Окончательная шероховатость поверхности R_z в соответствии с ЕН ИСО 4287 для поверхности с покрытием не должна превышать 3 мкм.

Примечание — Основной металл и покрытие могут подвергаться полировке в целях достижения определенной шероховатости.

7.2.4 Вязкая жидкость

Рабочая вязкая жидкость должна быть нетоксичной, не воспламеняющейся и химически инертной. Если используется жидкость, отличающаяся от жидкости на основе силикона, вышеупомянутые характеристики должны быть подтверждены.

Если другое не указано инженером — проектировщиком строительных конструкций, жидкости на основе углеводородов использовать не допускается.

7.3 Проектные требования

7.3.1 Общие положения

Вязкостные демпферы должны быть спроектированы таким образом, чтобы воздействие рабочих нагрузок не приводило к явлению текучести, а воздействие нагрузок, соответствующих предельному состоянию по несущей способности, не приводило к отказу.

Вязкостные демпферы в целом должны быть спроектированы таким образом, чтобы выдержать максимальное внутреннее давление, возникающее в результате самого неблагоприятного сочетания расчетных воздействий.

Вязкостный демпфер должен быть спроектирован таким образом, чтобы противостоять боковому ускорению в соответствии с 5.3.3.

Устройство должно быть спроектировано таким образом, чтобы выдержать ускорение (прилагаемое к его собственной массе), действующее перпендикулярно направлению движения, равное максимальному ускорению, прогнозируемому в месте его установки при сейсмическом анализе. В случае отсутствия данных об ускорении устройство должно быть спроектировано таким образом, чтобы выдерживать нагрузку, перпендикулярную направлению движения, минимальное значение которой равно двойному значению его собственного веса в сочетании с максимальной осевой нагрузкой.

Вязкостный демпфер должен включать в себя средства, предусматривающие тепловое расширение вязкой жидкости для предотвращения чрезмерного накопления внутреннего избыточного давления.

Вязкостный демпфер должен быть спроектирован и изготовлен таким образом, чтобы в течение предполагаемого срока службы устройство не требовало технического обслуживания в ожидаемых условиях эксплуатации.

Максимальное отклонение между экспериментальными значениями характеристических параметров, полученных в ходе первичных испытаний, а также расчетными значениями или значениями для нормальных условий работы должны быть в пределах допустимых отклонений, указанных в таблице 5. Эти предельные значения относятся к изменениям в поставляемой партии изделий (статистическое рассеяние), а также к отклонениям, обусловленным температурой, и т. д.

Общее отклонение, которое следует учитывать при оценке верхнего и нижнего расчетных значений, как установлено в EH 1998, является линейной комбинацией отдельных отклонений, где комбинационные коэффициенты должны учитывать вероятность одновременного появления таких отклонений.

Примечание — Если невозможна более точная оценка допускается принять коэффициент, равный 0,7, для всех компонентов отклонения. Соотношение между верхними и нижними характеристическими значениями, связанными с любыми свойствами материала, не должно превышать 1,4.

Таблица 5 — Предельные значения отклонений t_d для устройств, зависящих от скорости

	(1) Поставка		(2) Температура*	
	Жидкостно-вязкостный демпфер	Жидкостно-пружинный демпфер	Жидкостно-вязкостный демпфер	Жидкостно-пружинный демпфер
F	± 15 %	± 15 %	± 5 %	± 15 %
K_{eff}	N/A	± 15 %	N/A	± 15 %
Диссипация энергии за цикл	– 15 %	– 15 %	– 5 %	– 5 %

* Диапазон температуры от – 25 °С до + 50 °С.

N/A — Неприменимо.

Примечание 2 — Старение несущественно для этого типа устройства, так как жидкость не находится в контакте с воздухом.

7.3.2 Увеличение скорости

Расчетная сила должна быть усилена коэффициентом надежности γ_v:

$$\gamma_v = (1 + t_d) \cdot (1{,}5)^{\alpha}, \quad (11)$$

где t_d — расчетный допуск на реакцию, определенный производителем;

α — показатель степени основного закона, обеспечиваемого производителем.

7.3.3 Продольный изгиб

Шток поршня демпфера должен быть спроектирован так, чтобы избежать неустойчивости при продольном изгибе с расчетной нагрузкой с учетом соответствующего повышающего коэффициента (см. 7.3.2) в его полностью выдвинутом положении и с учетом 10 % коэффициента трения для шаровых шарниров (если не доступны экспериментальные данные).

7.4 Проведение испытаний

7.4.1 Общие положения

Примечание 1 — Программа испытаний включает в себя огромные вводы энергии в демпфер. Поэтому при выполнении программы испытаний требуется наблюдение, чтобы убедиться в том, что в любых испытаниях, выполненных в быстрой последовательности, демпфер не будет чрезмерно перегреваться. Для этого температуру демпфера в критических местах (указываются производителем) необходимо контролировать и фиксировать, также желательно разделить программу испытаний на группы испытаний. После выполнения одной группы испытаний демпферу дают остыть до определенной температуры перед выполнением следующей группы испытаний.

Примечание 2 — Испытания, перечисленные в настоящем разделе, необязательно выполнять в порядке их перечисления.

Испытания должны быть объединены в группы с учетом условия, что общий ввод энергии в демпфер в каждой контрольной группе не превысит в два раза энергию, рассеиваемую демпфером во время проектного землетрясения.

Примечание 3 — Испытание не следует продолжать, если температура демпфера превышает уровень, указанный производителем.

7.4.2 Первичные испытания

7.4.2.1 Общие положения

Первичные испытания должны проводиться каждый раз, когда допустимая нагрузка нового продукта отличается более чем на ± 20 % от этой же характеристики ранее испытанного устройства и/или расчетная скорость больше. Для допустимости использования результатов предыдущих испытаний конструкция и материалы должны быть такими же, как раньше.

Температуру испытательного образца следует контролировать в двух местах на корпусе демпфера, указанных производителем как критические. Запись начинается за 5 мин до начала испытания и продолжается в течение 15 мин после испытания.

7.4.2.2 Испытание давлением для жидкостно-вязкостных и жидкостно-пружинных демпферов

Если возможно, к каждому жидкостно-вязкостному демпферу или жидкостно-пружинному демпферу должно подаваться внутреннее давление, которое эквивалентно 125 % от максимальной нагрузки демпфера. Это давление должно поддерживаться в течение 120 с.

Требование к результату испытания состоит в том, чтобы не наблюдалось никаких признаков утечки или признаков физического разрушения или снижения рабочих характеристик.

7.4.2.3 Испытание при низкой скорости для жидкостно-вязкостных демпферов

Примечание 1 — Цель испытания при низкой скорости заключается в оценке осевой силы сопротивления демпфера при смоделированных перемещениях, обусловленных изменением температуры.

График нагружения должен быть следующий: один полный цикл с возвращением в исходную точку для осевого перемещения, от 0 до d_{th}, до $-d_{th}$ и обратно до 0, при постоянной скорости $v_1 \le 0{,}1$ мм/с. Значение d_{th} устанавливается инженером — проектировщиком строительных конструкций, но не должно быть меньше 10 мм.

Примечание 2 — Значение d_{th} предназначено для соответствия типичному максимальному смещению за счет воздействия температуры.

Требование к результату испытания состоит в том, что на протяжении всего цикла перемещения демпфер должен развивать силу реакции менее 10 % его расчетной силы или более низкое значение, если это предусмотрено инженером — проектировщиком строительных конструкций. Как график нагружения (осевое перемещение по времени), так и кривую «сила — перемещение» следует постоянно записывать и отображать визуально.

Альтернативное испытание должно проходить следующим образом один полный цикл с возвращением в исходную точку для постоянной силы, равной 10 % ее проектной силы, от 0 до минимум $d_{th}(d_+)$, затем до минимум $-d_{th}(d_-)$ и обратно до 0.

Средняя записанная постоянная скорость $(2(|d_+| + |d_-|)/T$, где T — длительность цикла) должна быть выше 0,01 мм/с. Значение d_{th} устанавливается инженером — проектировщиком строительных конструкций, но не менее 10 мм. Как график нагружения (осевая сила по времени), так и кривую перемещения по времени следует постоянно записывать и отображать визуально.

Испытание должно проводиться при температуре (23 ± 5) °С или при более низкой температуре, если это предусмотрено инженером — проектировщиком строительных конструкций.

7.4.2.4 Испытание при низкой скорости для жидкостно-пружинного демпфера

Примечание 1 — Цель испытания при низкой скорости заключается в оценке сопротивления осевой силы демпфера при смоделированных тепловых движениях или квазистатических нагрузках.

График нагружения должен быть следующий: один полный цикл с возвращением в исходную точку для осевого перемещения, от 0 до d_{th}, до $-d_{th}$ и обратно до 0, при постоянной скорости $v_1 \le 0{,}1$ мм/с. Значение d_{th} устанавливается инженером — проектировщиком строительных конструкций, но не менее 10 мм.

Примечание 2 — Значение d_{th} предназначено для соответствия типичному максимальному смещению за счет изменения температуры и других квазистатических воздействий, таких как торможение, ветер и др.

Требование к результату испытания состоит в том, что на протяжении всего цикла перемещения демпфер должен развивать силу реакции меньше его расчетной номинальной силы, умноженной на коэффициент $(1 + t_d)$, или более низкого значения, если это предусмотрено инженером—проектировщиком строительных конструкций.

Как график нагружения (осевое перемещение по времени), так и кривую сила—перемещение следует постоянно записывать и отображать визуально.

Испытание должно проводиться при температуре (23 ± 5) °С или при более низкой температуре, если это предусмотрено инженером — проектировщиком строительных конструкций.

7.4.2.5 Определение характеристической кривой сила — скорость для жидкостно-вязкостных демпферов

Примечание 1 — Цель этого испытания состоит в определении характеристической кривой «сила — скорость» демпфера, т. е. в определении параметров C и α, которые определяют основной закон $F = C \cdot v^{\alpha}$.

График нагружения должен быть следующим: при каждой скорости проводят три полных цикла с возвращением в исходную точку для осевого перемещения от 0 до $+d_{bd}$, до $-d_{bd}$ и обратно до 0, где d_{bd} — расчетное перемещение в результате землетрясения.

Приложенная скорость должна включать минимум следующие доли максимальной расчетной скорости: 1 %, 25 %, 50 %, 75 %, 100 %.

Требование к результату испытания состоит в том, чтобы все точки характеристической кривой силы реакции, определенные в результате испытания, находились в пределах поля допуска.

Примечание 2 — Сила реакции демпфера F_n при скорости v_n определяется как среднее значение положительных и отрицательных пересечений с осью силы кривой второго гистерезисного цикла.

Испытание должно повторно проводиться при максимальной и минимальной расчетных температурах, чтобы оценить влияние температуры окружающей среды на силу реакции, создаваемую установками. Эти повторные испытания могут быть пропущены, если уже доступны результаты испытаний, проведенных сертифицированной независимой лабораторией и выполненных на подобных установках в пределах такого же или более широкого диапазона температур.

7.4.2.6 Определение характеристической кривой «сила — скорость» для жидкостно-пружинных демпферов

Примечание 1 — Цель этого испытания состоит в определении основного закона демпфирования для жидкостно-пружинных демпферов, т. е. параметров F_0 (предварительная нагрузка), K (жесткость), C и α (демпфирование), которые определяют часть его основного закона.

График нагружения должен быть следующим: при каждой скорости проводят три полных цикла с возвращением в исходную точку для осевого перемещения от 0 до $+d_{bd}$, до $-d_{bd}$ и обратно до 0, где d_{bd} — расчетное перемещение в результате землетрясения.

Приложенная скорость должна включать минимум следующие доли максимальной номинальной скорости: 1 %, 25 %, 50 %, 75 %, 100 %.

Критерий приемки состоит в том, чтобы все точки характеристической кривой силы реакции, определенные в результате испытания, находились в пределах поля допуска.

Примечание 2 — Сила реакции демпфера F_n при скорости v_n определяется как среднее значение положительных и отрицательных пересечений кривой второго гистерезисного цикла с линией, параллельной оси силы при 50 % от $+d_{bd}$ и $-d_{bd}$:

$$F_n = \frac{F_n^{(+)} + \left| F_n^{(-)} \right|}{2}. \qquad (12)$$

Испытание должно повторно проводиться при максимальной и минимальной расчетных температурах, чтобы оценить влияние температуры окружающей среды на силу реакции, создаваемую установками. Эти повторные испытания могут быть пропущены, если уже доступны результаты испытаний, проведенных сертифицированной независимой лабораторией и выполненных на подобных установках в пределах такого же или более широкого диапазона температур.

7.4.2.7 Испытание эффективности демпфирования

Примечание 1 — Цель испытания эффективности демпфирования состоит в оценке способности к диссипации энергии устройством и стабильности силы реакции.

График нагружения должен быть следующим: проводят пять полных гармонических циклов перемещения типа $d(t) = d_0 \sin(2\pi f_0 t)$, в которых амплитуда d_0 и частота f_0, Гц, должны быть определены инженером — проектировщиком строительных конструкций с учетом того, что ни одна диссипация энергии, соответствующая двум проектным землетрясениям, не должна быть превышена.

Примечание 2 — Если пять циклов превышают мощности испытательного оборудования, испытания могут проводиться в группах по циклам, но не менее трех непрерывно прилагаемых циклов.

Охлаждение между каждой группой циклов не допускается.

Требование к результату испытания состоит в том, что для каждого цикла реакция демпфера, которая определяется, как описано в 7.4.2.5 или 7.4.2.6, должна быть в пределах расчетного допуска, а диссипация энергии должна быть больше минимального расчетного значения.

7.4.2.8 Испытание при циклических ветровых нагрузках

Когда ветровая нагрузка рассматривается инженером — проектировщиком строительных конструкций как критическая, следует испытать прототипные демпферы для подтверждения их способности противостоять колебаниям, вызванным ветром.

Прототипный демпфер должен подвергаться циклам с частотой и перемещением, указанными инженером — проектировщиком строительных конструкций, в течение 200 циклов (например, 0,4 Гц при ± 12 мм). Осуществляется непрерывное измерение температуры.

Требование к результату испытания состоит в том, что в любое время в ходе испытания устройство не должно блокироваться, заедать или отказывать, а после испытания устройство не должно иметь никаких признаков утечек.

7.4.2.9 Испытание на износ уплотнения

Примечание 1 — Цель испытания — убедиться в том, что уплотнение выдерживает перемещения в результате изменения температуры в течение всего предполагаемого срока службы устройства без утечки внутренней жидкости.

Демпфер должен быть испытан в течение 10000 циклов при амплитуде, равной ожидаемой максимальному температурному смещению d_{th}.

Примечание 2 — Демпферы, как правило, имеют высокую способность к диссипации энергии, даже при низкой скорости, поэтому для того чтобы выполнить испытание в разумные сроки, без излишнего нагрева внутри устройства, основную систему выпускных отверстий допускается обойти таким образом, чтобы уменьшить реакцию демпфера и любые повышения давления. Альтернативно жидкость из демпфера можно удалить полностью или частично для циклического испытания.

После циклических испытаний демпфер должен быть испытан в соответствии с 7.4.2.7, чтобы убедиться, что приведенные там требования по-прежнему выполняются.

7.4.2.10 Проверочное испытание хода

Примечание — Цель испытания — убедиться в том, что демпфер способен обеспечить расчетный ход.

К демпферу применяется один цикл с полным ходом поршня. Демпфер не следует заполнять жидкостью.

Требование к результату испытания состоит в том, что демпфер должен быть способен обеспечить ход, который равен, как минимум, расчетному значению с допуском ± 1 мм.

7.4.3 Заводской производственный контроль

Для контроля качества одно устройство на партию продукции должно быть подвергнуто следующим испытаниям:

- испытание при низкой скорости;
- испытание основного закона демпфирования;
- испытание на эффективность демпфирования.

Производственная партия определяется как состоящая не более чем из 20 устройств, имеющих одинаковый основной закон демпфирования и такие же конструктивные характеристики, за исключением хода. Испытание основного закона осуществляется при температуре окружающей среды.

Испытание давлением должно проводиться на 100 % единиц продукции из текущего производства.

В таблице 6 приведены виды испытаний, необходимые при первичных испытаниях и испытаниях в рамках заводского производственного контроля. Единицей продукции, подлежащей испытанию в пределах производственной партии, должна быть единица, имеющая наиболее длинный ход.

Таблица 6 — Виды испытаний, требуемые для проведения первичных испытаний и испытаний заводского производственного контроля

	Испытание давлением	Испытание при низкой скорости	Испытание основного закона демпфирования	Испытание эффективности демпфирования	Испытание на ветровые нагрузки	Испытание на износ уплотнения	Проверочное испытание хода
Первичные испытания	x*	x	x	x	x*	x*	x*
Заводской производственный контроль	x*	x*	x*	x*			
* Испытание проводится при температуре окружающей среды.							

8 Сейсмоизоляторы

8.1 Общие требования

Сейсмоизоляторы должны выдерживать нагрузку от собственного веса конструкции без избыточной ползучести и сопротивляться несейсмическим воздействиям, таким как ветровые нагрузки и перемещения, вызванные колебаниями температуры. Сейсмоизоляторы должны обеспечивать с помощью низкой горизонтальной жесткости или другими средствами желаемую низшую горизонтальную

собственную частоту колебаний для сейсмоизолированной конструкции. Сейсмоизоляторы должны обеспечивать большие горизонтальные перемещения, вызванные сейсмическими воздействиями, и в то же время надежно выдерживать нагрузку от собственного веса конструкции и противостоять вертикальным силам, возникающим при сейсмических воздействиях. Сейсмоизоляторы также должны обеспечивать достаточный уровень демпфирования, чтобы достаточным образом контролировать горизонтальные перемещения в результате сейсмических воздействий, если только не используются дополнительные устройства для демпфирования.

Типы сейсмоизоляторов, рассматриваемые в настоящем разделе:

a) эластомерные сейсмоизоляторы, в том числе с сердечником из свинца или полимерного материала с высоким демпфированием для повышения демпфирования;

b) скользящие опоры, как с криволинейной поверхностью скольжения (маятниковые опоры), так и с плоской поверхностью скольжения (плоские опоры).

Примечание 1 — Стальные пружинные сейсмоизоляторы не рассматриваются, хотя предполагается включить их при пересмотре настоящего стандарта.

Сейсмоизоляторы должны быть спроектированы и изготовлены для обеспечения возможности поступательных и крутильных движений, вызванных сейсмическими и другими воздействиями, но при этом сейсмоизоляторы должны выдерживать вертикальную нагрузку под действием силы тяжести, сейсмических воздействий и других временных нагрузок. Сейсмоизоляторы должны работать в соответствии с их назначением, если они подвергаются воздействию ожидаемых условий окружающей среды во время их расчетного срока службы. Если сейсмоизоляторы могут быть подвергнуты чрезвычайным условиям окружающей среды и условиям применения, таким как погружение в воду, воздействия масел и химикатов или установка в зоне, где высок риск пожара, должны быть приняты дополнительные меры предосторожности (см. ЕН 1337-9) с учетом точного определения условий.

Сейсмоизоляторы должны отвечать общим правилам, приведенным в разделе 4.

Все антисейсмические устройства системы сейсмоизоляции не должны снижать рабочих характеристик конструктивной системы в несейсмических рабочих условиях.

Примечание 2 — Рекомендуется, чтобы для сейсмоизоляторов в качестве повышающего коэффициента γ_x принималось значение 1,2, как рекомендуется в 10.3 (2) ЕН 1998-1:2004 для всех конструкций, в том числе критических, кроме мостов.

Все типы сейсмоизоляторов допускается крепить к сооружению только с помощью механического крепления, за исключением случаев, когда минимальная вертикальная нагрузка на сейсмоизоляторы во время сейсмических воздействий была определена путем проведения динамического анализа. В таком случае минимум 75 % горизонтальной нагрузки должно восприниматься механическими анкерными креплениями.

Примечание 3 — Коэффициент повышения γ_{is} применительно к расчетному смещению для мостовых сейсмоизоляторов по 7.6.2(1) Р ЕН 1998-2:2005 здесь представлен символом γ_x. Рекомендуется, чтобы для мостов использовалось значение 1,5, как рекомендовано в ЕН 1998-2.

Примечание 4 — Соответствующие процедуры расчета конструкции для сейсмоизолированных зданий установлены в подразделе 10.9 ЕН 1998-1:2004 и для мостов в подразделе 7.5 ЕН 1998-2:2005.

Примечание 5 — Сейсмоизоляторы, рассматриваемые в настоящем стандарте, обеспечивают сейсмоизоляцию только от горизонтальных сейсмических воздействий. Они могут быть дополнительно доработаны для обеспечения сейсмоизоляции от вертикальных колебаний. В таком случае потребуются испытания на вертикальную жесткость в дополнение к испытаниям, указанным в 8.2.1.2.8.

Для всех конструкций, в том числе мостов, общее расчетное горизонтальное перемещение для сейсмоизолятора под воздействием проектного землетрясения обозначается d_{bd}.

Для мостов максимальное перемещение d_{max} для сейсмоизолятора представляет собой перемещение, установленное в 7.6.2 (2) ЕН 1998-2:2005. Максимальное перемещение должно быть получено путем сложения умноженного на коэффициент повышения перемещения при расчетном землетрясении $\gamma_x d_{bd}$ и потенциальных остаточных перемещений за счет:

a) постоянных воздействий;

b) долгосрочных деформаций (предварительное напряжение, усадка и ползучесть для бетонных конструкций) частей сооружения, расположенных выше сейсмоизоляционных устройств;

c) 50 % теплового воздействия.

Для других конструкций максимальным перемещением является $\gamma_x d_{bd}$. Символ d_{Ed} обозначает соответствующее максимальное перемещение сейсмоизолятора для любого типа конструкции.

Вертикальными нагрузками $N_{Ed,max}$ и $N_{Ed,min}$ являются соответственно максимальные и минимальные значения, достигаемые при проектном землетрясении.

Значения верхней и нижней границы рабочих температур T_U и T_L соответственно получают на основе значений, определяемых в соответствии с ЕН 1991-1-5 и приложение М ЕН 1998-2:2005.

Примечание 6 — Если нет никаких результатов по рассеянию характеристик устройства, оценки для предварительного анализа приведены в Приложении J.

8.2 Эластомерные сейсмоизоляторы

8.2.1 Требования

8.2.1.1 Общие положения

Пункт 8.2 распространяется на эластомерные сейсмоизоляторы как с высоким демпфированием (ξ_b(100 %) > 0,06, где показатель в скобках относится к деформации сдвига), так и с низким демпфированием (ξ_b(100 %) ≤ 0,06), используемые с дополнительными устройствами или без них для расширения диапазона применения.

Примечание — Эластомерные опоры с высоким демпфированием ниже обозначены ЭО с ВД, а эластомерные опоры с низким демпфированием — ЭО с НД. Эластомерные сейсмоизоляторы могут иметь отверстия, заполненные свинцом [такие сейсмоизоляторы называются резинометаллическими опорами со свинцовым сердечником (РМО)] или полимерным материалом с высоким демпфированием [такие сейсмоизоляторы называются полимерно-резиновыми опорами или эластомерными опорами с полимерным сердечником (ЭО с ПС)] для достижения желаемого уровня демпфирования.

Эластомерные сейсмоизоляторы должны отвечать общим функциональным требованиям, приведенным в 8.1, и требованиям, приведенным в 8.2.1.2. Материалы, используемые при изготовлении сейсмоизоляторов, должны соответствовать требованиям 8.2.2. Каждый эластомерный сейсмоизолятор должен быть спроектирован в соответствии с методиками и правилами, приведенными в 8.2.3.

Эластомерные сейсмоизоляторы должны соответствовать общим и функциональным требованиям, приведенным в 4.1 и 4.2 ЕН 1337-3:2005.

Расчетные характеристики эластомерного сейсмоизолятора для использования в расчете конструкций должны быть получены в результате испытаний согласно 8.2.4.1.2.

Верхние и нижние значения расчетных характеристик, упомянутые в 4.4.2, определяются на основании первичных испытаний и со следующими допусками:

- разбросы производства ± 20 % (если только более низкое значение разброса не было согласовано для испытаний в рамках заводского производственного контроля;
- разбросы температуры, зафиксированные в отчете при T_U и T_L (см. 8.2.1.2.4) и, если применимо, изменение горизонтальной жесткости при 100 % деформации сдвига резины при испытании на кристаллизацию при низкой температуре (см. 8.2.2.1.5);
- разбросы зафиксированного в отчете изменения при старении согласно результатам испытания (см. 8.2.1.2.9).

При комбинации трех параметров должен использоваться коэффициент 0,7 для разбросов производства и колебаний изменения температуры и коэффициент 1 для разброса колебаний в результате старения. Если рассматривается кристаллизация при низкой температуре, изменение жесткости при низких температурах должно быть больше значений, полученных в результате циклического испытания (8.2.1.2.4) и испытания на кристаллизацию (8.2.2.1.5).

Соотношение между верхним и нижним значениями расчетных характеристик для всех эластомерных сейсмоизоляторов должно быть меньше 1,8.

Для эластомерных мостовых сейсмоизоляторов с низким демпфированием, которые будут использоваться в случаях, когда проектное землетрясение небольшое, должны применяться только конкретные требования, приведенные в 8.2.1.2.11. Для таких сейсмоизоляторов применяется ЕН 1337-3, кроме проектирования, которое осуществляется в соответствии с 8.2.3.

Воздействия должны рассматриваться как небольшие, если:

a) расчетное значение перемещения в случае землетрясения d_{bd} меньше, чем полное перемещение вследствие других воздействий, как указано в пункте 7.6.2(2) ЕН 1998-2:2005;

b) максимальная горизонтальная сила в случае землетрясения меньше, чем общая горизонтальная сила вследствие других воздействий, как указано в пункте 7.6.2 (2) ЕН 1998-2:2005.

Для таких сейсмоизоляторов эффективная горизонтальная жесткость K_b, используемая в расчете конструкций, определяется по значению согласно 8.2.1.2.11. Верхние и нижние расчетные значения, упомянутые в 4.4.2, определяются по этому значению и следующим компонентам разброса:

- значение допуска на разброс производства для кажущегося идеальным модуля сдвига в соответствии с ЕН 1337-3:2005 (пункт 4.3.1.1);
- разбросы температуры, зафиксированные в отчете при T_U и T_L (см. 8.2.1.2.4);
- разбросы при старении при идеальном модуле сдвига в соответствии с пунктом 4.3.1.4 ЕН 1337-3:2005.

8.2.1.2 Требования к рабочим характеристикам для сейсмоизоляторов

8.2.1.2.1 Общие положения

Требования к рабочим характеристикам определяют количественные показатели, которые должны быть определены для эластомерных сейсмоизоляторов проведением первичных испытаний. Все необходимые предельные значения должны быть указаны. Эти испытания, которые также должны быть использованы в качестве испытаний в рамках заводского производственного контроля, приведены в 8.2.4.1.3.

Для сейсмоизоляторов с низким демпфированием не требуется измерение демпфирования. Требования к демпфированию, указанные в 8.2.1.2.2, к ним не применяются.

Требования 4.3.4 и 4.3.6 ЕН 1337-3:2005 применяются к сейсмоизоляторам для мостов.

8.2.1.2.2 Зависимость горизонтальных характеристик от деформации сдвига эластомеров

Горизонтальные характеристики при циклических нагрузках должны измеряться при следующих деформациях сдвига резины: ± 5 %, ± 10 %, ± 20 %, ± 50 %, ± 100 % в условиях испытаний и с использованием методик, изложенных в 8.2.4.1. Горизонтальные характеристики должны быть выражены в виде эффективной горизонтальной жесткости K_b и коэффициента эквивалентного демпфирования ξ_b, за исключением случаев, когда эластомерную опору со свинцовым сердечником и эластомерную опору с полимерным сердечником можно охарактеризовать в виде жесткости во второй ветви цикла нагрузки (или жесткости после упругости) K_2 и характеристической несущей способностью Q_d (определяется как сила, при которой кривая «сила — перемещение» пересекает ось силы). Если испытания проводятся с частотой, отличающейся от 0,5 Гц, или с частотой сейсмоизоляции, зафиксированные в отчете горизонтальные характеристики должны быть отнесены к одной из этих частот путем корректировки влияния частоты при испытании в соответствии с процедурой, приведенной в 8.2.2.1.3.3. Если деформация сдвига $\varepsilon_{q,E}$ при расчетном смещении d_{bd} выше 100 %, должны быть добавлены испытания при дополнительных амплитудах деформации, как указано в таблице 7. γ_b является частным коэффициентом надежности для эластомерных сейсмоизоляторов (см. 8.2.1.2.7). Все испытания допускается выполнять на одном и том же сейсмоизоляторе. В этом случае испытания должны проводиться в порядке возрастания амплитуды деформации и только при деформациях, указанных в настоящем пункте. Циклическое перемещение применяется около нулевого перемещения при сдвиге; никакое начальное перемещение не применяется.

Примечание — Испытательные амплитуды деформации выбираются с достаточным интервалом так, что если испытания проводятся на том же сейсмоизоляторе, эффекты предыдущего деформирования малы.

Таблица 7 — Амплитуды деформации резины при циклических испытаниях

Деформации в процентах

Расчетная деформация сдвига резины $\varepsilon_{q,E}$	Дополнительная испытательная деформация
$100 < \varepsilon_{q,E} \le 150$	150 или $\gamma_b \gamma_x \varepsilon_{q,E}$
$150 < \varepsilon_{q,E} \le 200$	150, 200
$200 < \varepsilon_{q,E} \le 250$	150, 200, 250

Требования заключаются в следующем.

- значения K_b и ξ_b (или K_2 и Q_d) для третьего цикла для всех испытанных деформаций сдвига резины указываются в отчете;
- если расчетная деформация сдвига резины не включена в перечисленные испытательные деформации, оба значения для K_b и ξ_b (или K_2 и Q_d) для третьего цикла при расчетной деформации сдвига резины определяются по результатам испытаний с помощью линейной интерполяции;

- частота испытаний при нагрузках и эталонная частота, при необходимости, указываются в отчете;

- оба значения K_b и ξ_b (или K_2 и Q_d) для третьего цикла при расчетной деформации сдвига резины должны лежать в пределах ± 20 % расчетного значения;

- значение K_b при 5 % деформации сдвига (или Q_d) должно быть достаточно большим, чтобы обеспечить достаточное сопротивление ветровой нагрузке, как установлено инженером — проектировщиком строительных конструкций.

Циклические испытания в целях определения K_b и ξ_b (или K_2 и Q_d), выполненные при такой амплитуде деформации сдвига, перечисленной в настоящем пункте, которая ближе всего к деформации сдвига эластомера $\varepsilon_{q,E}$ при расчетном смещении d_{bd}, должны быть выполнены как испытания в рамках заводского производственного контроля с требованием, чтобы значения K_b и ξ_b (или K_2 и Q_d) для третьего цикла были в пределах ± 20 % исправленного расчетного значения, при необходимом, для разницы между испытательными и расчетными деформациями сдвига.

В случае если измерения циклических горизонтальных характеристик при такой амплитуде деформации сдвига, перечисленной в настоящем пункте, которая ближе всего к деформации сдвига эластомера $\varepsilon_{q,E}$ при расчетном смещении d_{bd}, выполняются не в качестве испытания в рамках заводского производственного контроля, следующие два испытания должны быть проведены как испытания в рамках заводского производственного контроля:

- измерение горизонтальной секущей жесткости при одностороннем нагружении с линейным нарастанием нагрузки;

- циклические испытания в целях определения K_b и ξ_b (или K_2 и Q_d), выполненные на одной из нижних амплитуд деформации сдвига, перечисленных в настоящем пункте. Амплитуда деформации сдвига должна быть не менее 20 %.

Испытание с линейным нарастанием нагрузки проводится так же, как первичное испытание, для того чтобы установить требование для испытания в рамках заводского производственного контроля. Сейсмоизолятор, применяемый для циклических испытаний, должен быть деформирован до такой деформации сдвига резины, приведенной в настоящем подпункте, которая ближе всего к деформации сдвига резины $\varepsilon_{q,E}$ при расчетном смещении d_{bd}. Испытание с линейным нарастанием нагрузки должно проводиться после циклических испытаний при такой деформации и перед циклическими испытаниями при более высоких деформациях. Другие условия и методы испытаний должны соответствовать 8.2.4.1. Требование к первичному испытанию состоит в том, что устанавливается секущая жесткость при испытательной деформации сдвига. Требование к испытанию с линейным нарастанием нагрузки в рамках заводского производственного контроля состоит в том, что секущая жесткость должна быть в пределах ± 20 % значения, определенного из первичного испытания, с поправкой, при необходимости, рассчитанной по методике, приведенной в 8.2.4.1.3, чтобы учесть разницу между расчетным значением циклической жесткости K_b при расчетном смещении d_{bd} и значением, определенным по первичным испытаниям. Требование к циклическому испытанию в рамках заводского производственного контроля состоит в том, что оба значения K_b и ξ_b (или K_2 и Q_d) в третьем цикле должны быть в пределах ± 20 % значений, полученных в первичных испытаниях; значение K_b (или K_2) корректируется, при необходимости, по методике, приведенной в 8.2.4.1.3, для учета разницы между расчетным значением циклической жесткости K_b (или K_2) при расчетном смещении d_{bd} и значением, определенным из первичных испытаний.

8.2.1.2.3 Зависимость горизонтальных характеристик от частоты

Влияние частоты на горизонтальные характеристики K_b и ξ_b (или K_2 и Q_d) определяется результатами испытаний, проведенных при амплитуде деформации сдвига эластомера ± 100 %. Горизонтальные характеристики измеряются при трех частотах. Рекомендуемые значения: 0,1 Гц;0,5 Гц; 2,0 Гц.

Другие значения, имеющие такое же соотношение, могут быть выбраны при согласовании с инженером — проектировщиком строительных конструкций. Испытания должны проводиться в порядке возрастания частоты.

Значения K_b и ξ_b (или K_2 и Q_d) для третьего цикла должны быть зафиксированы в протоколе для каждой испытательной частоты. Значения при самой низкой и самой высокой частоте не должны отличаться более чем на 20 % значения при средней частоте.

Для РО с ВД и РО с НД испытания могут быть выполнены на сейсмоизоляторах, масштабируемых без ограничений, или могут быть заменены испытаниями, требуемыми в 8.2.2.1.3.3 и проводимыми на эластомере во время его производства.

8.2.1.2.4 Зависимость горизонтальных характеристик от температуры

Изменения горизонтальных характеристик K_b и ξ_b (или K_2 и Q_d) между верхней и нижней рабочими температурами T_U и T_L соответственно должны определяться путем испытаний в условиях и с использованием методик, приведенных в 8.2.4.1. Горизонтальные характеристики измеряются при амплитуде деформации сдвига эластомера ± 100 % в диапазоне температур минимум от T_U и до T_L. Следует включить испытания при 23 °С. Испытания должны проводиться в порядке понижения температур. Рекомендуется, чтобы были включены испытания при следующих температурах, если они находятся в диапазоне рабочих условий: 40 °С; 23 °С; 0°С; – 10 °С; – 20 °С.

Значения K_b и ξ_b (или K_2 и Q_d) для третьего цикла фиксируются в протоколе для каждой испытательной температуры. Значения при самой низкой температуре не должны отличаться более чем на плюс 80 % или минус 20 % соответствующего значения при 23 °С, а значения при самой высокой температуре не должны отличаться более чем на ± 20 % соответствующего значения при 23 °С.

Для РО с ВД и РО с НД испытания могут быть выполнены на сейсмоизоляторах, масштабируемых без ограничений, или могут быть заменены испытаниями, требуемыми в 8.2.2.1.3.4 и проводимыми на эластомере во время его производства.

8.2.1.2.5 Зависимость горизонтальных характеристик от повторного циклического нагружения

Горизонтальные характеристики K_b и ξ_b (или K_2 и Q_d) сеймоизолятора должны быть постоянными при повторном циклическом нагружении. Стабильность характеристик должна быть подтверждена испытаниями. Амплитуда деформации сдвига эластомера должна быть 100 % или расчетной деформацией сдвига, если требуется инженером — проектировщиком строительных конструкций. Другие условия испытаний и методы должны соответствовать указанным в соответствующих частях 8.2.4.1. Требование для постоянных характеристик K_b и ξ_b (или K_2 и Q_d) считается выполненным, если:

- соотношение между минимальным и максимальным значениями K_b (или K_2), измеряемое в циклах между вторым и десятым, не может быть меньше 0,7;
- соотношение между минимальным и максимальным значениями ξ_b (или Q_d), измеряемое в циклах между вторым и десятым, не может быть меньше 0,7;
- соотношение между минимальным и максимальным значениями K_b (или K_2), измеряемое в циклах между первым и десятым, не может быть меньше 0,6.

Для РО с ВД и РО с НД испытания могут быть выполнены на сейсмоизоляторах, уменьшенных без ограничений, или могут быть заменены испытаниями, требуемыми в 8.2.2.1.3.6 и проводимыми на эластомере во время его производства.

Требования могут относиться к более чем десятому циклу, если исходят от инженера — проектировщика строительных конструкций.

8.2.1.2.6 Несущая способность при вертикальной нагрузке на сжатие при нулевом боковом смещении

Сейсмоизолятор должен выдерживать вертикальную нагрузку, равную N_{Sd} (при этом в 8.2 N_{Sd} является постоянной нагрузкой) плюс сочетание несейсмических переменных нагрузок в соответствии с разделами А.1 (для зданий) или А.2 (для мостов) ЕН 1990:2002, если применяется нулевое боковое перемещение. Это требование должно быть проверено применением вертикальной нагрузки величиной N_{Sd} и поддержанием постоянной нагрузки минимум 3 мин. В это время сейсмоизолятор проверяется на признаки разрушений. Другие условия испытаний и методы должны соответствовать указанным в 8.2.4.1.

Требование к результату испытания состоит в том, что соотношение «нагрузка — перемещение» должно монотонно возрастать до N_{Sd}, а также что сейсмоизолятор не должен иметь видимые признаки производственных дефектов или отказа. Видимые признаки включают в себя:

- признаки отказа крепления;
- неправильно выровненные сбоку или неправильно расположенные вертикально армирующие пластины;
- поверхностные трещины или дефекты более 2 мм в ширину и глубину.

Примечание — См. ЕН 1337-3:2005 (пункт 4.3.3) и производственные допуски, указанные в ЕН 1337-3:2005 (раздел 6), для получения дополнительных указаний в отношении требований.

8.2.1.2.7 Способность к горизонтальному смещению

Способность к горизонтальному смещению сейсмоизолятора должна быть проверена до перемещения $\gamma_b d_{Ed}$ или нагрузки $\gamma_b V_{Ed}$ в зависимости от того, что достигается раньше под осевыми нагрузками $N_{Ed,min}$ и $N_{Ed,max}$ (где V_{Ed} — горизонтальная нагрузка, соответствующая d_{Ed}).

γ_b — частный коэффициент надежности для эластомерных сейсмоизоляторов, и его значение принимается равным 1,15.

Значение $N_{Ed,min}$ не должно быть нагрузкой на растяжение, вызывающей напряжение выше $2G$, где G — модуль сдвига, измеренный при 100 % деформации (см. 8.2.2.1.3.2).

Примечание 1 — Значение минимальной вертикальной нагрузки может быть нагрузкой на растяжение. Приложение растягивающих напряжений выше уровня, установленного в настоящем стандарте, следует избегать, так как кавитация резины происходит при относительно низких растягивающих гидростатических напряжениях. Растягивающее напряжение до $2G$, как правило, воспринимается без возникновения существенной кавитации. Можно использовать специальные соединения между сейсмоизолятором и сооружением, которые устраняют возможность преобразования вертикальной нагрузки на сейсмоизолятор в растягивающие напряжения.

Испытание должно проводиться с линейным нарастанием нагрузки. Другие условия испытаний должны соответствовать указанным в 8.2.4.1.

Требования к результату испытания состоят в том, что нагрузка должна монотонно возрастать до максимального перемещения, а сейсмоизолятор не должен проявлять никаких существенных признаков отказа в конце испытания. Визуальные признаки отказа включают в себя:

- признаки отказа крепления;
- поверхностные трещины или дефекты более 2 мм в ширину и глубину.

Крепления сейсмоизолятора к плитам нагрузки не должны проявлять никаких признаков отказа или текучести.

Примечание 2 — См. ЕН 1337-3:2005 (пункт 4.3.3) для получения дополнительных указаний относительно визуальных признаков отказа в сейсмоизоляторе.

Если $N_{Ed,max}$ отличается от $N_{Ed,min}$ менее чем на 20 %, а минимальная нагрузка является сжимающей, должно быть выполнено только одно испытание при среднем значении двух нагрузок, и те же самые требования должны быть соблюдены.

8.2.1.2.8 Жесткость при сжатии

Секущая жесткость при сжатии K_v сейсмоизолятора должна быть определена между (1/3) N_{Sd} и N_{Sd}. Условия испытаний, оборудование и другие части методики должны соответствовать 8.2.4.1.

Требование к результату испытания состоит в том, что K_v должно фиксироваться в протоколе.

Это испытание также может быть использовано в качестве испытания в рамках заводского производственного контроля. Требование к результату испытания состоит в том, что K_v должна быть в пределах ± 30 % значения, определяемого в ходе первичных испытаний, а визуальный контроль при максимальной нагрузке не должен выявлять признаков дефектов или отказов, как указано в 8.2.1.2.6.

Примечание — Кривая «сила — перемещение» при низкой нагрузке обычно имеет низкий градиент. Это явление, называемое начальной осадкой, вызвано небольшими неточностями верхней и нижней поверхностей опоры.

8.2.1.2.9 Эффект старения

Изменения горизонтальных характеристик K_b и ξ_b сейсмоизолятора (или K_2 только для эластомерных опор со свинцовыми сердечниками, произведенных с использованием эластомера с малым демпфированием), должны быть менее чем 20 % за ожидаемый срок службы сейсмоизолятора. Оценочное изменение определяется испытаниями ускоренного старения на эластомерных материалах сейсмоизолятора (см. 8.2.2.1.3.5), а также ссылками на любые доступные данные для непосредственного срока службы устройств, изготовленных из аналогичных материалов. Для эластомерных опор с полимерными сердечниками испытание старения на полимерном материале сердечника проводится также в соответствии с 8.2.2.1.3.5, так что можно оценить их вклад в изменение K_b, и ξ_b. Если иное не запрашивается инженером — проектировщиком строительных конструкций, то требование настоящего пункта считается выполненным, если эластомерный материал (и полимерный материал сердечника при необходимости) удовлетворяет требованию в 8.2.2.1.3.5 при указанных там стандартных условиях старения (14 дней при температуре 70 °С).

Примечание — Срок службы антисейсмических устройств рассмотрен в Приложении В. Для эластомерных сейсмоизоляторов допускается принимать данный срок 60 лет.

8.2.1.2.10 Эффект ползучести

Можно измерить краткосрочную деформацию ползучести, производимую расчетной вертикальной нагрузкой для несейсмических условий N_{Sd}, если требование исходит от инженера — проектировщика

строительных конструкций, в случае изоляторов с высоким демпфированием и изоляторов с полимерным сердечником. Условия и методики должны соответствовать указанным в 8.2.4.1.

Примечание 1 — Рекомендуется, чтобы прирост ползучести в период от 10 до 10^4 мин (около недели) был менее 20 % деформации через 10 мин, если иное не согласовано с инженером — проектировщиком строительных конструкций.

Примечание 2 — Выполнение этой рекомендации гарантирует, что деформация сейсмоизолятора не будет чрезмерно увеличиваться в течение времени под действием воспринимаемых нагрузок от собственного веса.

8.2.1.2.11 Сейсмоизоляторы с низким демпфированием для мостов с небольшим сейсмическим воздействием

1) Требования, приведенные в 8.2.1.2.2, 8.2.1.2.4 и 8.2.1.2.7, измененные в настоящем пункте, применяются в дополнение к требованиям ЕН 1337-3:2005.

2) В пункте 5.3.3.3 ЕН 1337-3:2005 расчетная деформация сдвига за счет перемещения должна быть оценена с учетом расчетного перемещения d_{bd} без применения коэффициента надежности γ_x.

3) Требования, приведенные в 8.2.1.2.2, должны быть изменены таким образом, чтобы только эффективная горизонтальная жесткость K_b была измерена при такой деформации сдвига резины, которая согласована с инженером — проектировщиком строительных конструкций. Пять требований, перечисленные в 8.2.1.2.2, заменены на следующие:

- в протоколе фиксируется значение K_b для третьего цикла;
- испытательная частота и эталонная частота, если необходимо, фиксируются в протоколе испытаний.

4) Амплитуда деформации сдвига резины для требования 8.2.1.2.4 должна быть согласована с инженером — проектировщиком строительных конструкций.

5) Если деформация сдвига резины, соответствующая горизонтальному смещению $\gamma_b d_{Ed}$, меньше или равна 200 %, требование 8.2.1.2.7 считается выполненным вследствие выполнения требования пункта 4.3.2.1 ЕН 1337-3:2005.

8.2.1.3 Конструктивные и механические требования

8.2.1.3.1 Требования в предельном состоянии по несущей способности

Для сейсмоизоляторов должно быть подтверждено выполнение требований для предельного состояния по несущей способности, приведенных в 4.1.4, посредством выполнения требований к способности выдерживать боковые нагрузки согласно 8.2.1.2.7, к максимальной общей расчетной деформации сдвига согласно 8.2.3.4.2 и соблюдения критерия устойчивости согласно 8.2.3.4.4 (в случае, когда сейсмоизоляторы крепятся болтами) или 8.2.3.4.5 (для устанавливаемых в углубление или сейсмоизоляторов с дюбельным креплением). Для сейсмоизоляторов с низким демпфированием для мостов с небольшим сейсмическим воздействием должно быть подтверждено выполнение требований для предельного состояния по несущей способности, приведенных в 4.1.4, посредством выполнения требований к способности выдерживать боковые нагрузки согласно 8.2.1.2.11, к максимальной общей расчетной деформации сдвига согласно 8.2.3.4.2 и соблюдения критерия устойчивости согласно 8.2.3.4.4 (в случае сейсмоизоляторов с креплением болтами) или 8.2.3.4.5 (для сейсмоизоляторов, установленных в углубление или с дюбельным креплением).

8.2.1.3.2 Требования в предельном состоянии по эксплуатационной пригодности

Поскольку в предельном состоянии по несущей способности требования, приведенные в 8.2.1.3.1, гарантируют эксплуатационную пригодность при таком условии, требования в предельном состоянии по эксплуатационной пригодности, приведенные в 4.1.4, выполнены.

8.2.2 Материалы

8.2.2.1 Эластомеры

8.2.2.1.1 Общие положения

Требования, указанные в 8.2.2.1, применяются к эластомеру, используемому для изготовления армированной части сейсмоизолятора.

Исходные материалы эластомеров должны быть новыми; использование переработанной или повторно измельченной вулканизированной резины не допускается.

Эластомер при деформации сдвига 100 % должен иметь модуль сдвига в пределах от 0,3 до 1,5 МПа.

Вулканизированный эластомер должен соответствовать требованиям, указанным в 8.2.2.1.

Испытания для определения количественных характеристик, к которым относятся требования, полностью должны быть выполнены как первичные испытания. Испытания, которые должны будут ис-

пользоваться в качестве испытаний в рамках заводского производственного контроля, приведены в 8.2.4.2.3.

Методы испытаний и образцы должны соответствовать 8.2.4.2.

Эластомеры с низким демпфированием для мостов, рассчитываемых на слабые сейсмические воздействия (см. 8.2.1.1), должны соответствовать исключительно ЕН 1337-3:2005; на такие эластомеры требования 8.2.2.1 не распространяются.

Примечание 1 — Некоторые требования различаются в зависимости от того, формуются ли образцы из компаунда для изготовления устройства или взяты из готового устройства.

Примечание 2 — Требования к механическим характеристикам (прочность на растяжение, относительное удлинение при разрыве и сопротивление разрыву по надрезу), которые должны быть выполнены согласно 8.2.2.1.2.1 и 8.2.2.1.2.2, служат для подтверждения общей пригодности эластомеров; эти свойства не имеют прямого отношения к рабочим характеристикам сейсмоизолятора. Испытание на остаточную деформацию сжатия обеспечивает проверку того, что эластомер достаточно вулканизирован. Остальные испытания (озоностойкость и ускоренное старение на воздухе) обеспечивают проверку того, что подходящие против старения компоненты были включены в состав.

8.2.2.1.2 Общие свойства

8.2.2.1.2.1 Эластомеры с низким демпфированием

Механические и физические свойства эластомера с низким демпфированием, используемые в сейсмоизоляторах для мостов, должны соответствовать пункту 4.4.1 ЕН 1337-3:2005. Все эластомеры с низким демпфированием, за исключением используемых для сейсмоизоляторов мостов, подвергаемых слабым сейсмическим воздействиям (см. 8.2.1.1), также должны соответствовать требованиям к материалам, приведенным в таблице 8. Испытания должны проводиться как первичные испытания, так и как испытания в рамках заводского производственного контроля.

8.2.2.1.2.2 Эластомеры с высоким демпфированием

Эластомеры с высоким демпфированием должны соответствовать требованиям, указанным в Таблице 9. Для подтверждения этих свойств испытания должны проводиться как первичные испытания, так и испытания в рамках заводского производственного контроля.

Примечание — Опоры на основе натурального каучука или полихлоропренового каучука использовались преимущественно в качестве конструктивных опор в течение нескольких десятилетий и в большинстве случаев выполняли предъявляемые к ним требования. Это позволяет сделать вывод о том, что сейсмоизоляторы, изготовленные из этих двух эластомеров, имеют длительный срок службы. Кроме того, натуральный каучук и полихлоропреновый каучук кристаллизуются при деформации. Это свойство делает их устойчивыми к расширению поверхностных трещин под действием приложенной нагрузки от собственного веса. Для сейсмоизоляторов с высоким демпфированием другие эластомеры настоящим пунктом не исключены, но их использование требует особого внимания к рабочим характеристикам при старении и устойчивости к росту поверхностных трещин.

8.2.2.1.3 Динамический модуль сдвига и демпфирование

8.2.2.1.3.1 Общие положения

Проведение динамических испытаний эластомеров и оценка результатов осуществляются в соответствии с методами и методиками по 8.2.4.2.5.

Примечание — Измерение демпфирования не требуется для эластомеров с низким демпфированием ($\xi_b(100\ \%) \le 0{,}06$)), и требования к демпфированию, указанные в 8.2.2.1.3, к ним не применяются.

8.2.2.1.3.2 Влияние амплитуды деформации

Вулканизат эластомера должен быть динамически испытан в диапазоне деформаций сдвига резины. Рекомендуемая частота 0,5 Гц, хотя инженером — проектировщиком строительных конструкций может быть запрошена и другая. Измерения должны проводиться при следующих амплитудах деформации сдвига: 5 %, 10 %, 20 %, 50 %, 100 %, 150 %.

Если деформация при расчетном смещении d_{bd} составляет более 100 %, должны быть добавлены испытания при дополнительных амплитудах деформации, как подробно указано в таблице 10.

Испытания должны проводиться в порядке возрастания амплитуды деформации.

Модуль сдвига и эквивалентный коэффициент демпфирования должны быть указаны в протоколе для третьего цикла для каждой амплитуды деформации.

8.2.2.1.3.3 Влияние частоты

Влияние частоты определяется по результатам измерений при трех частотах при амплитуде деформации сдвига ± 100 %. Испытания должны проводиться в порядке возрастания частоты. Рекомендуются следующие значения: 0,1 Гц; 0,5 Гц; 2,0 Гц.

Другие значения, расположенные в том же соотношении, могут быть выбраны по согласованию с инженером — проектировщиком строительных конструкций. Модуль сдвига и демпфирование для третьего цикла фиксируются в протоколе при каждой испытательной частоте. Модуль и демпфирование на низких и высоких частотах не должны отличаться более чем на 20 % от значения при средней частоте.

Если некоторые из сейсмоизоляторов должны быть испытаны при частоте, отличающейся от 0,5 Гц или частоты сейсмоизоляции, испытательная частота изолятора должна быть включена в испытания по настоящему пункту, с сохранением последовательности проведения испытаний в порядке возрастания частоты.

Соотношение между модулем сдвига резины при эталонной частоте (0,5 Гц или частоте сейсмоизоляции) и модулем сдвига резины при испытательной частоте сейсмоизоляции должно применяться для измерения жесткости сейсмоизолятора (для той же деформации сдвига резины) для внесения поправки вследствие влияния частоты, чтобы определить значение жесткости сейсмоизолятора при деформации, соответствующей эталонной частоте, как указано в 8.2.1.2.2. Такая же методика должна быть использована для корректировки результата измерения демпфирования на сейсмоизоляторе вследствие влияния частоты, и, следовательно, определения значения демпфирования сейсмоизолятора, соответствующего эталонной частоте.

8.2.2.1.3.4 Влияние температуры

Модуль динамического сдвига и демпфирование резины измеряются для амплитуды деформации сдвига ± 100 % и при эталонной частоте (0,5 Гц или частоте сейсмоизоляции) в диапазоне температур минимум от верхней рабочей температуры TU до нижней рабочей температуры TL. Должно быть включено испытание при 23 °С. Испытания должны проводиться в порядке снижения температур. Рекомендуется, чтобы были включены испытания при следующих температурах, если эти температуры находятся в диапазоне условий эксплуатации: 40 °С; 23 °С; 0 °С; минус 10 °С; минус 20 °С.

Значения динамического модуля сдвига и демпфирования для третьего цикла фиксируются в протоколе для каждой испытательной температуры. Значения при самой низкой температуре не должны отличаться более чем на плюс 80 % или минус 20 % соответствующего значения при 23 °С, а значения при самой высокой температуре не должны отличаться более чем на ± 20 % значений при 23 °С.

8.2.2.1.3.5 Модуль сдвига и демпфирование после ускоренного старения в анаэробных условиях

Динамический модуль сдвига и демпфирование измеряются до старения и после старения в течение 14 сут. при температуре 70 °С. Если используются формованные образцы, такие же образцы должны быть испытаны до старения и после. Старение осуществляется в анаэробных условиях и таких, когда летучие ингредиенты полимерных материалов не улетучиваются. Измерения модуля и демпфирования осуществляются при амплитуде деформации сдвига ± 100 % и эталонной частоте (0,5 Гц или частоте сейсмоизоляции).

Модуль сдвига и эквивалентный коэффициент демпфирования должны измениться менее чем на 20 % вследствие старения.

Инженер — проектировщик строительных конструкций может потребовать, чтобы условия старения, эквивалентные периоду 60 лет при средней рабочей температуре, оценивались для состава данных эластомеров, и названные выше условия старения заменить; температуру старения выше 70 °С использовать не допускается.

Примечание — Указания по определению условий старения, эквивалентных 60-летнему периоду, а также рекомендации для достижения анаэробных условий см. в F.1 приложения F.1.

Таблица 8 — Механические и физические свойства эластомеров с низким демпфированием

Характеристика	Требования			Метод испытания
Модуль сдвига[a], МПа	$0,3 \le G \le 0,7$	$0,7 < G \le 1,1$	$1,1 < G \le 1,5$	
Прочность на разрыв, МПа, не менее: формованный образец образец из опоры[b]	16 14			ИСО 37, тип 2
Удлинение при разрыве, %, не менее: формованный образец образец из опоры[b]	450 400	425 375	350 300	

Окончание таблицы 8

Характеристика	Требования			Метод испытания
Прочность на разрыв по надрезу[c], кН/м, не менее	5	8	10	ИСО 34[g], метод А
Остаточная деформация при сжатии[d] 70 %, 24 ч, не более	30	30	30	ИСО 815, тип А сжатие 25%
Озоностойкость[e], удлинение 30 % — 96 ч (40 ± 2) °С	Отсутствие трещин	Отсутствие трещин	Отсутствие трещин	ИСО 1431-1
Ускоренное старение в термошкафу[f]				ИСО 188, метод А
Максимальное изменение относительно значения до старения				
Твердость прочность при растяжении, % удлинение при разрыве, %	– 5;+ 8 ± 15 ± 25	– 5;+ 8 ± 15 ± 25	– 5;+ 8 ± 15 ± 25	ИСО 48 ИСО 37, тип 2

Примечание — Поскольку испытания на старение и воздействие озона являются проверкой того, что в материал были включены соответствующие противостарители, никакие испытания, связанные с эксплуатационными характеристиками, их эффективностью, не требуют, чтобы условия соответствовали эластомеру, используемому в производстве устройств.

[a] Измерения при 100 %-ной амплитуде деформации сдвига при 23 °С.

[b] Образцы из готовых сейсмоизоляторов должны быть отобраны из первого внутреннего слоя и слоя в центре сейсмоизолятора.

[c] Значения для эластомерных составов на основе натурального каучука. Состав на основе полихлоропрена дает значения на 20 % выше. Другие эластомеры должны соответствовать требованиям для состава на основе натурального каучука.

[d] Значение для состава на основе натурального каучука. Состав на основе полихлоропрена дает значения на 50 % ниже. Для других эластомеров значения должны быть согласованы между производителем и инженером — проектировщиком строительных конструкций.

[e] Концентрация озона должна быть подходящей для используемых эластомеров. Для вулканизата на основе натурального каучука используется 25 частиц на сто миллионов, а для вулканизата на основе полихлоропрена — 100 частиц на сто миллионов. Для других эластомеров значения должны быть согласованы между производителем и инженером — проектировщиком строительных конструкций. Для эластомеров с ненасыщенными углеродными связями испытание на воздействие озона необязательно.

[f] Условия старения должны соответствовать используемым эластомерам. Для вулканизата на основе натурального каучука следует применять 7 сут. при температуре 70 °С, а для вулканизата на основе полихлоропрена — 3 сут. при температуре 100 °С. Для других эластомеров значения должны быть согласованы между производителем и инженером — проектировщиком строительных конструкций.

[g] Если концы образца удлиняются без роста первоначального надреза, метод должен быть изменен, чтобы уменьшить растяжение и обеспечить рост надреза путем увеличения ширины конца или фиксацией гибкого, но относительно малорастяжимого армирования к образцу; армирование должно оставлять зазор 5 мм в зоне ожидаемого роста надреза.

Таблица 9 — Механические и физические свойства эластомеров с высоким демпфированием

Характеристика	Требования		Метод испытания
	формованный образец	образец из устройства[d]	
Прочность на разрыв, МПа, не менее	12	10	ИСО 37, тип 2
Удлинение при разрыве, %, не менее	400	350	
Прочность на разрыв по надрезу, кН/м, не менее	7		ИСО 34, метод А

Окончание таблицы 9

Характеристика	Требования		Метод испытания
	формованный образец	образец из устройства[d]	
Остаточная деформация при сжатии 70 °С, 24 ч, не более	60		ИСО 815, тип А 25 % сжатия
Озоностойкость[a], Удлинение 30 % — 96 ч, 40 °С ± 2 °С	Отсутствие трещин		ИСО 1431-1
Ускоренное старение в термошкафу[b]			ИСО 188, метод А
Максимальное изменение относительно значения до старения			
твердость	– 5, + 8		ИСО 48 ИСО 37, тип 2
прочность при растяжении, %	± 15		
удлинение при разрыве, %	± 25		

Примечание — Поскольку испытания на старение и воздействие озона являются проверкой того, что в материал были включены соответствующие противостарители, никакие испытания, связанные с эксплуатационными характеристиками, их эффективностью, не требуют, чтобы условия соответствовали эластомеру, используемому в производстве устройств.

[a] Концентрация озона должна быть подходящей для используемых эластомеров. Для вулканизата на основе натурального каучука используется 25 частиц на сто миллионов, а для вулканизата на основе полихлоропрена — 100 частиц на сто миллионов. Для других эластомеров значения должны быть согласованы между производителем и инженером — проектировщиком строительных конструкций. Для эластомеров с ненасыщенными углеродными связями испытание на воздействие озона необязательно.

[b] Условия старения должны соответствовать используемым эластомерам. Для вулканизата на основе натурального каучука следует использовать 7 сут. при температуре 70 °С, а для вулканизата на основе полихлоропрена — 3 сут. при температуре 100 °С. Для других эластомеров значения должны быть согласованы между производителем и инженером — проектировщиком строительных конструкций.

[c] Если концы образца удлиняются без роста первоначального надреза, метод должен быть изменен, чтобы уменьшить растяжение и обеспечить рост надреза путем увеличения ширины конца или фиксированием гибкого, но относительно малорастяжимого армирования к образцу; армирование должно оставлять зазор 5 мм в зоне ожидаемого роста надреза.

[d] Образцы из готовых сейсмоизоляторов должны быть отобраны из первого внутреннего слоя и слоя в центре сейсмоизолятора.

Таблица 10 — Амплитуды деформаций для циклических испытаний

Расчетная деформация сдвига резины $\xi_{q,E}$, %	Дополнительная испытательная деформация, %
$100 < \xi_{q,E} \le 150$	200
$150 < \xi_{q,E} \le 200$	200, 250
$200 < \xi_{q,E} \le 250$	200, 250, 300

8.2.2.1.3.6 Стабильность характеристик сдвига при повторном циклическом нагружении

Модуль сдвига G и эквивалентный коэффициент демпфирования ξ эластомера должны быть стабильными при повторном циклическом нагружении. Это требование считается выполненным, если:

- соотношение между минимальным и максимальным значениями G, измеряемое в циклах между вторым и десятым, не менее 0,7;
- соотношение между минимальным и максимальным значениями ξ, измеряемое в циклах между вторым и десятым, не менее 0,7;
- соотношение между минимальным и максимальным значениями G, измеряемое в циклах между первым и десятым, не менее 0,6.

Амплитуда деформации сдвига должна составлять 100 % или расчетную деформацию сдвига по заданию инженера — проектировщика строительных конструкций. Другие условия испытаний и методы должны соответствовать указанным в 8.2.4.2.5.

Требования могут относиться более чем к десятому циклу по заданию инженера — проектировщика строительных конструкций.

8.2.2.1.4 Определение прочности сцепления при сдвиге

8.2.2.1.4.1 До старения

Прочность сцепления при сдвиге соединения сталь-эластомер должна быть проверена на образцах до старения согласно испытанию, описанному в 8.2.4.2.5.3.

Кривая «сила — перемещение» должна монотонно возрастать, а образец не должен иметь признаков разрушения или нарушения сцепления. Протокол испытаний должен соответствовать 8.2.4.2.5.3.

8.2.2.1.4.2 После старения

Испытание, описанное в 8.2.2.1.4.1, должно осуществляться на трех образцах с возрастом старения 14 дней при температуре 70 °С. Старение осуществляется в анаэробных условиях и таких, чтобы летучие ингредиенты полимерных материалов не улетучивались. Инженер — проектировщик строительных конструкций может потребовать, чтобы условия старения, эквивалентные периоду 60 лет при средней рабочей температуре, оценивались для состава эластомеров, и названные выше условия старения заменить данными, температуру старения выше 70 °С использовать не допускается.

Кривая «сила — перемещение» должна монотонно возрастать, а образец не должен иметь признаков разрушения или нарушения сцепления. Протокол испытаний должен соответствовать 8.2.4.2.5.3.

Примечание — Указания по определению условий старения, эквивалентных 60-летнему периоду, а также рекомендации для достижения анаэробных условий см. в F.1 приложения F.1.

8.2.2.1.5 Стойкость к кристаллизации при низких температурах

Стойкость к кристаллизации при низкой температуре должна быть проверена на эластомерах, склонных к этому явлению (например, натуральный каучук, полихлоропреновый каучук и определенные типы этилен пропилена), если минимальная часто встречающаяся рабочая температура находится в пределах диапазона, в котором может произойти кристаллизация. Натуральный каучук с высоким демпфированием ($\xi(100\ \%) > 0{,}06$) должен быть проверен при минимальной часто встречающейся рабочей температуре ниже 0 °С, натуральный каучук с низким демпфированием — при минимальной рабочей температуре ниже минус 5 °С, а полихлоропрен — при минимальной рабочей температуре ниже 5 °С.

Примечание — В связи с характером кристаллизации при низкой температуре минимальная часто встречающаяся температура может быть не равна T_L.

Следует использовать образец с учетом деформации сдвига, при этом также должны использоваться методы испытаний, приведенные в 8.2.4.2.5.4.

Требование к результату испытания состоит в том, чтобы жесткость при сдвиге при деформациях сдвига 25 % и 100 % после необходимого воздействия низких температур фиксировалась в отчете в обоих случаях. Оба значения жесткости при сдвиге должны быть менее чем в 1,5 раза больше соответствующей жесткости при сдвиге до воздействия холода.

Испытание должно проводиться в качестве первичного испытания.

8.2.2.1.6 Сопротивление медленному росту трещин

Следующее испытание должно проводиться на трех формованных образцах, с использованием геометрии согласно методу А ИСО 34.

- Испытание: приложение нагрузки, эквивалентной 4 кН/м.

Положительный результат испытания — это выполнение следующего требования:

- начальный разрез не увеличивается ни в одном направлении более чем на 3 мм в течение периода нагружения менее 24 ч.

8.2.2.2 Полимерный сердечник

Материал сердечника, используемый для обеспечения демпфирования в изоляторе с полимерным сердечником, должен соответствовать требованиям, указанным в 8.2.2.1.3 и 8.2.2.1.5, за исключением того, что в отношении 8.2.2.1.3.2 может не быть никаких ограничений на допустимый диапазон модуля сдвига.

8.2.2.3 Свинцовый сердечник

Свинец должен иметь чистоту ≥ 99,9 %.

8.2.2.4 Армирующие стальные пластины

Внутренняя арматура и внешние пластины, используемые в производстве эластомерных сейсмоизоляторов, должны удовлетворять требованиям пункта 4.4.3 ЕН 1337-3:2005.

8.2.3 Проектирование

8.2.3.1 Общие положения

Эластомерные сейсмоизоляторы, в том числе сейсмоизоляторы с низким демпфированием, должны быть разработаны таким образом, чтобы выполнялись основные положения следующего раздела настоящего стандарта и других стандартов:

- настоящего пункта 8.2.3 относительно сочетания нагрузок, включая сейсмическое воздействие;
- подразделов 5.1, 5.2 и пункта 5.3.3 ЕН 1337-3:2005 для сочетания нагрузок, за исключением сейсмических воздействий, если иное не предусмотрено настоящим пунктом.

Параметр A_r, приведенная эффективная площадь горизонтального сечения, уменьшенная вследствие горизонтального перемещения верхней части опоры относительно нижней части [см. уравнение (9) ЕН 1337-3:2005] должен учитывать только несейсмические горизонтальные перемещения.

8.2.3.2 Виды и формы сейсмоизоляторов

Сейсмоизолятор должен состоять из чередующихся слоев эластомера и стали, в каждом конкретном случае слои должны быть номинально одинаковыми. Сейсмоизолятор должен быть сформован при соответствующих условиях высокой температуры и давления, а стальные пластины должны получить прочное сцепление с эластомером в процессе нагрева при вулканизации. Две толстые крайние пластины также должны получить прочное сцепление с остальной частью эластомера в процессе нагрева. Стороны сейсмоизолятора по возможности исключая стороны крайних пластин в случае сейсмоизоляторов, устанавливаемых в углубление, должны быть покрыты слоем резины не менее 4 мм. Если защитный слой нанесен не для обеспечения огнестойкости, он должен состоять из того же материала, что и основная часть сейсмоизолятора, и вулканизироваться одновременно с основной частью сейсмоизолятора.

Примечание — Два стандартных метода крепления для эластомерных сейсмоизоляторов на болтах показаны на рисунке 3, углубления или методы дюбельного крепления могут быть использованы по соглашению с инженером — проектировщиком строительных конструкций.

Опоры должны быть только прямоугольными или круглыми. Допускается выполнять выемки постоянного сечения в нагруженной поверхности. Выемки допускается заполнять свинцовым сердечником или другим материалом, чтобы обеспечить дополнительное демпфирование.

Таблица 3 в ЕН 1337-3:2005 не применяется к эластомерным сейсмоизоляторам.

8.2.3.3 Основы проектирования

8.2.3.3.1 Общие требования

Величины следующих пунктов рассчитываются для подтверждения проектирования.

Примечание — Для оказания помощи в процессе проектирования в F.3 приложение F дан комментарий к разделу 4 «Основные правила проектирования». В частности, в F.3.3 даны выражения для расчета жесткости сейсмоизоляторов.

Модуль сдвига при 100 % амплитуде деформации сдвига, определенный при 23 °С в ходе первичных испытаний (см. 8.2.2.1.3.2), должен использоваться в качестве значения модуля сдвига G в 8.2.3.3 (см. Е.3.3.1).

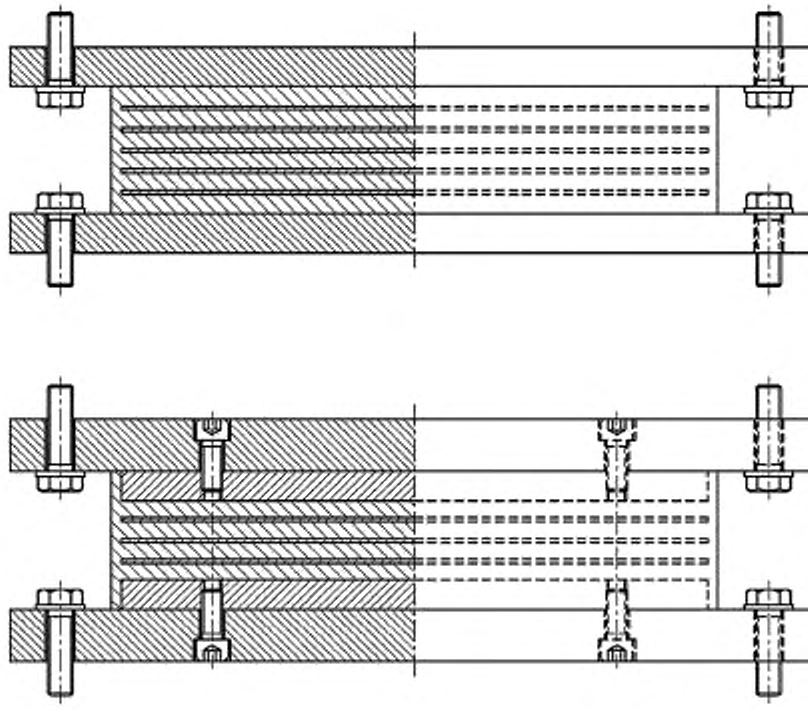


Рисунок 3 — Стандартные методы крепления

8.2.3.3.2 Расчетная деформация сдвига вследствие сжатия при вертикальных нагрузках

Расчетная локальная максимальная деформация сдвига вследствие деформации при сжатии $\varepsilon_{c,E}$, соответствующая максимальной вертикальной нагрузке $N_{Ed,max}$, имеет вид:

$$\varepsilon_{c,E} = \frac{6SN_{Ed,max}}{A_r E'_c}, \quad (13)$$

где S — коэффициент формы резиновых слоев, который является соотношением между эффективной нагруженной площадью и площадью, свободной от действия сил. Таким образом, для круглых сейсмоизоляторов с внутренними армирующими пластинами диаметром D' и толщиной резинового слоя t_r.

$$S = \frac{D'}{4t_r}. \quad (14)$$

Выемки должны учитываться в расчете эффективной нагруженной площади и площади, свободной от действия сил, но выемки, заполненные полностью, не учитываются (см. F.3.1 для других примеров формул для коэффициента формы);

A_r — уменьшенная эффективная площадь горизонтального сечения исключительно вследствие несейсмических воздействий (например, воздействия, обусловленные температурой).

E'_c — для прямоугольных устройств, круглых устройств и кольцевых устройств с заполненной выемкой:

$$E'_c = 3G(1 + S^2). \quad (15)$$

Выражение для E'_c для кольцевых устройств без сердечника приведено в F.3.3.4.

Примечание — Уравнение (13) можно получить путем линейно-упругого анализа резиновых слоев. Оно является достаточно точным (оно дает заниженную оценку до 10 %) для $S \le 8$, и в этом контексте не производится корректировка на влияние модуля объемной упругости. См. F.3.2. Коэффициент 1,5 в уравнении (5.7) ЕН 1337-3:2005 для расчета $\varepsilon_{c,E}$ в анализе не используется.

8.2.3.3.3 Расчетная деформация сдвига вследствие вызванного землетрясением горизонтального перемещения

Расчетная деформация сдвига $\varepsilon_{q,E}$ вследствие вызванного землетрясением расчетного перемещения d_{bd} определяется по формуле

$$\varepsilon_{q,E} = \frac{d_{bd}}{T_q}, \tag{16}$$

где T_q — общая толщина эластомера, активного во время сдвига.

8.2.3.3.4 Критическая продольная нагрузка при нулевом боковом сейсмическом смещении

Критическая продольная нагрузка, при которой происходит излом, для устройств с коэффициентом формы $S > 5$ определяется по формуле

$$P_{cr} = \frac{\lambda G A_r a' S}{T_q}, \tag{17}$$

где для прямоугольных устройств a' является эффективной шириной устройства, т. е. длиной меньшей стороны внутренних армирующих пластин, а $\lambda = 1{,}3$. Для круглых устройств a' является эффективным диаметром D' устройства, т. е. диаметром внутренних армирующих пластин, а $\lambda = 1{,}1$. Для опор с выемками, заполненными или нет, A_r может не содержать площадь выемок.

Примечание — Ссылки, приведенные в F.3.2, объясняют происхождение уравнения (17).

8.2.3.4 Критерии проектирования

8.2.3.4.1 Расчетная деформация сдвига

Деформация сдвига $\varepsilon_{q,max}$ вследствие максимального горизонтального перемещения d_{bd} должна быть меньше 2,5, а именно:

$$\varepsilon_{q,max} \le 2{,}5. \tag{18}$$

Требование ЕН 1337-3:2005, пункт 5.3.3.3, применяется к несейсмическим воздействиям.

8.2.3.4.2 Максимальная общая расчетная деформация сдвига

Требования и определения, приведенные ниже, должны заменить указанные в пункте 5.3.3(a) ЕН 1337-3:2005, если не указано иное.

Максимальная общая расчетная деформация сдвига $\varepsilon_{t,d}$ определяется по формуле

$$\varepsilon_{t,d} = K_L(\varepsilon_{c,E} + \varepsilon_{q,max} + \varepsilon_{\alpha,d}), \tag{19}$$

где $\varepsilon_{c,E}$ задается выражением (13);

$\varepsilon_{\alpha,d}$ — указан в ЕН 1337-3:2005, пункт 5.3.3.4. Минимальный угол поворота 0,003 рад должен приниматься для каждого ортогонального направления в расчете $\varepsilon_{\alpha,d}$,

K_L — типовой коэффициент нагрузки, который должен быть равен единице, за исключением сейсмоизоляторов, используемых для поддержки мостов. В этом случае значение должно соответствовать приложению С ЕН 1337-3:2005.

Максимальная общая расчетная деформация сдвига, которая здесь определена, должна удовлетворять требованию:

$$\varepsilon_{t,d} \le \frac{7,0}{\gamma_m}, \tag{20}$$

где γ_m — коэффициент, учитывающий свойства для эластомерных материалов. Рекомендуется принимать значение $\gamma_m = 1,0$.

Примечание — ЕН 1998-2 вводит γ_m как параметр, устанавливаемый на национальном уровне, и рекомендует значение 1,15. ЕН 1337-3:2005 рекомендует значение 1,0 для того же параметра.

8.2.3.4.3 Толщина армирующей пластины

Требования, приведенные в пункте 5.3.3.5 ЕН 1337-3:2005, должны быть выполнены, но с уменьшенной площадью A_r, рассчитанной с учетом только несейсмических перемещений (т. е. вследствие изменений температуры, усадки и т. д.) и с $K_h = 1$, если есть только центральная выемка. Для других выемок, независимо от наличия или отсутствия наполнения, $K_h = 2$.

8.2.3.4.4 Устойчивость на продольный изгиб при сейсмических воздействиях

Настоящий пункт не применяется к свинцово-резиновым опорам, при условии, что диаметр свинцового сердечника превышает 15 % минимального размера в плане. В случае нескольких свинцовых сердечников учитывается диаметр эквивалентного одиночного свинцового сердечника.

$$N_{Ed,max} < P_{cr}/2. \tag{21}$$

Для $\frac{P_{cr}}{2} > N_{Ed,max} \ge \frac{P_{cr}}{4}$ должно быть выполнено условие

$$1 - \frac{2N_{Ed,max}}{P_{cr}} \ge 0,7\delta, \tag{22}$$

и для $N_{Ed,max} < \frac{P_{cr}}{4}$ должно быть выполнено условие

$$\delta \le 0,7, \tag{23}$$

где $\delta = \frac{d_{Ed}}{a'}$.

Примечание — Параметр a' определен в 8.2.3.3.4.

8.2.3.4.5 Устойчивость сейсмоизолятора на опрокидывание при сейсмических воздействиях

Если встраиваемые изоляторы или изоляторы с дюбельным креплением используются по соглашению с инженером — проектировщиком строительных конструкций вместо стандартных методов крепления, указанном в 8.2.3.2, следует проверить устойчивость на опрокидывание, с помощью следующих соотношений:

$$d_{Ed} \le \frac{1}{\gamma_R} \frac{N_{Ed,min} \cdot a'}{(K_b T_b + N_{Ed,min})}, \tag{24}$$

где $N_{Ed,min}$ — минимальная вертикальная сила в ситуации проектного землетрясения;

K_b — горизонтальная жесткость при сдвиге, измеряемая при наибольшем испытательном смещении;

T_b — общая высота устройства;

γ_R — частный коэффициент, рекомендуемое значение, которого составляет 1,5.

Примечание — Параметр a' определен в 8.2.3.3.4.

8.2.4 Проведение испытаний

8.2.4.1 Сейсмоизоляторы

8.2.4.1.1 Общие положения

Испытания по настоящему пункту осуществляются на эластомерном сейсмоизоляторе, чтобы показать выполнение требований, указанных в 8.2.1.2.

Испытуемые сейсмоизоляторы должны выдерживаться при температуре испытания в течение минимум 24 ч. Испытуемые сейсмоизоляторы с общей толщиной резины более 250 мм должны быть испытаны не ранее чем через 48 ч после изготовления. Испытания должны быть выполнены на сейсмоизоляторах, не подвергнутых предварительной нагрузке, за исключением случаев, когда сейсмоизоляторы не были поставлены после предварительной нагрузки. В этом случае испытуемые сейсмоизоляторы должны подвергаться той же процедуре предварительного напряжения, что и при производстве сейсмоизоляторов. Должно быть подтверждено, что изменение характеристических значений вследствие предварительной нагрузки сохраняется. Испытуемый сейсмоизолятор не должен подвергаться другим испытаниям до текущего, за исключением случаев, когда допускается проведение более чем одного испытания по настоящему пункту на одном сейсмоизоляторе при условии, что порядок испытаний соответствует указанному в 8.2.4.1.4.

Примечание — Предварительная нагрузка — термин, используемый технологами, означающий применение нескольких, как правило, больших циклов деформации к резиновому устройству. Такая предварительная нагрузка снижает жесткость устройства для последующих деформаций, меньших применяемых для предварительной нагрузки. Иногда предполагается, что изменения жесткости сохраняются, однако, обычно наблюдается значительная тенденция по возврату жесткости к первоначальному значению. Восстановление сначала происходит сравнительно быстро, но на более поздних стадиях может происходить в течение нескольких месяцев или лет.

Испытания должны проводиться при температуре (23 ± 5) °С, если в следующих пунктах не указана какая-либо другая температура.

Каждый протокол испытаний должен включать в себя запись о том, что испытание было проведено в соответствии с настоящим стандартом.

8.2.4.1.2 Первичные испытания

Первичные испытания, состав которых приведен в таблице 11, должны выполняться на минимальном числе образцов, указанном в 8.2.4.1.4, в соответствии с методами, указанными в 8.2.4.1.5. Для сейсмоизоляторов с низким демпфированием для мостов, подвергаемым небольшим сейсмическим воздействиям, только испытания, отмеченные знаком «*» в таблице 11, требуется проводить как первичные испытания согласно настоящему стандарту; для таких сейсмоизоляторов первичные испытания проводятся согласно ЕН 1337-3:2005.

Для тех групп испытаний, которые должны быть выполнены на сейсмоизоляторе, испытание должно проводиться на образце в масштабе 1:1, за исключением испытаний на изоляторе со свинцовым сердечником и изоляторе с полимерным сердечником для определения влияния частоты, температуры и повторного нагружения на горизонтальные характеристики сейсмоизоляторов, для которых можно использовать сейсмоизоляторы, масштабируемые в соответствии со следующими правилами:

- сейсмоизоляторы с размером горизонтального сечения ≤ 500 мм должны быть испытаны в масштабе 1:1;
- для сейсмоизоляторов большего размера линейные размеры могут быть уменьшены коэффициентом максимум 2. Все размеры должны быть масштабированы по тому же коэффициенту. Минимально допустимый размер в плане для опоры после масштабирования составляет 500 мм.

Следующие изменения в сейсмоизоляторе требуют проведения новых первичных испытаний:

a) использование другого состава эластомерной смеси;

b) изменение коэффициента формы эластомерных слоев более чем на 10 % по сравнению с этим параметром уже испытанного сейсмоизолятора;

c) увеличение любого наружного размера сейсмоизолятора или размера в плане внутренних армирующих пластин более чем на 10 %;

d) уменьшение наружных размеров сейсмоизолятора или размера в плане внутренних армирующих пластин более чем на 50 %;

e) использование другого типа системы крепления;

f) использование различных условий изготовления.

Примечание — В перечислении e) определение «другого типа системы крепления» относится к креплению болтами, установке в углубление или дюбельному креплению.

Все минимальные различия в конструкции сейсмоизолятора требуют проведения следующих первичных испытаний, которые используются для получения эталонных значений для испытаний в рамках заводского производственного контроля:

a) жесткость при сжатии (8.2.1.2.8);

b) горизонтальная жесткость и демпфирование при двух деформациях сдвига резины, приведенных в 8.2.1.2.2, которые включают в себя расчетную деформацию сдвига резины $\varepsilon_{q,E}$.

Расширение диапазона применения того или иного вида сейсмоизоляторов за пределами тех, которые охвачены предыдущими первичными испытаниями, требует дополнительных первичных испытаний, которые должны быть выполнены. Расширение применения должно включать в себя следующее:

c) увеличение $\varepsilon_{q,E}$ в достаточной степени, чтобы требовать дополнительных циклических испытаний в соответствии с таблицей 10;

d) увеличение верхней рабочей температуры более чем на 5 °C;

e) снижение нижней рабочей температуры более чем на 3 °C;

f) увеличение постоянной нагрузки, включая сочетание несейсмических изменяющихся нагрузок N_{Sd} более чем на 30 %;

g) увеличение $\gamma_b d_{Ed}$ более чем на 5 %;

h) увеличение максимальной вертикальной нагрузки, включая сейсмические воздействия, $N_{Ed,max}$ более чем на 10 %;

i) снижение минимальной вертикальной нагрузки, включая сейсмические воздействия, $N_{Ed,min}$ более чем на 0,1 N_{Sd} или на значение, достаточное, чтобы изменить $N_{Ed,min}$ от нагрузки сжатия на нагрузку на растяжение.

Таблица 11 — Испытания сейсмоизоляторов и требования к ним

Испытание	Требования к первичным испытаниям	Требования к испытаниям в рамках заводского производственного контроля
Вертикальная несущая способность при нулевом боковом смещении	Испытательная нагрузка N_{Sd} Отсутствие видимых повреждений. См. 8.2.1.2.6	Отсутствуют
Жесткость при сжатии	Документирование значения. См. 8.2.1.2.8	В пределах ± 30 % значения первичного испытания. Отсутствие видимых повреждений. См. 8.2.1.2.8
Горизонтальные характеристики K_b и ξ_b (или K_2 и Q_d) при циклической деформации*	Документирование зависимости от деформации. При расчетном смещении d_{bd} значения в пределах ± 20 % расчетного значения. См. 8.2.1.2.2	Значения в пределах ± 20 % требуемых значений. См. 8.2.1.2.2
Горизонтальная жесткость при одностороннем линейно нарастающем нагружении (требуется, если циклическая горизонтальная жесткость и демпфирование при испытаниях в рамках заводского производственного контроля измеряются не при амплитуде деформации сдвига, близкой к значению, соответствующему d_{bd})*	Документирование значения при расчетном смещении d_{bd}. См. 8.2.1.2.2	В пределах ± 20 % скорректированного значения первичного испытания. См. 8.2.1.2.2
Рассеяние горизонтальных характеристик K_b и ξ_b (или K_2 и < Q_d) с изменяющейся частотой	Документирование рассеяния. Максимальное рассеяние ± 20 %. См. 8.2.1.2.3	Неприменимо

Окончание таблицы 11

Испытание	Требования к первичным испытаниям	Требования к испытаниям в рамках заводского производственного контроля
Рассеяние горизонтальных характеристик K_b и ξ_b (или K_2 и Q_d) с изменяющейся температурой*	Документирование рассеяния. Максимальное рассеяние в пределах, установленных в 8.2.1.2.4	Неприменимо
Зависимость горизонтальных характеристик K_b и ξ_b (или K_2 и Q_d) при повторном циклическом нагружении	Зависимость в пределах, установленных в 8.2.1.2.5	Неприменимо
Несущая способность на сдвиг при максимальных и минимальных вертикальных нагрузках*	Кривая «сила — перемещение» увеличивается до $\gamma_b d_{Ed}$. Отсутствие повреждений. См. 8.2.1.2.7	Неприменимо
Изменение горизонтальных характеристик K_b и ξ_b сейсмоизолятора (или K_2 только для изоляторов со свинцовым сердечником из эластомера с низким демпфированием) вследствие старения	Изменение ≤ 20 %	Неприменимо
Испытания на ползучесть при вертикальной нагрузке[a]	Общая скорость ползучести < 20 % за десятилетие. См. 8.2.1.2.10	Неприменимо

[a] Испытание, проводимое по соглашению.

* Для сейсмоизоляторов с низким демпфированием для мостов, подвергаемых небольшим сейсмическим воздействиям, должны применяться только испытания, отмеченные «*».

8.2.4.1.3 Проведение испытаний в рамках заводского производственного контроля

Виды испытаний в рамках заводского производственного контроля, приведенные в таблице 11, должны осуществляться производителем с числом отбираемых образцов, указанным в 8.2.4.1.4, согласно методам, указанным в 8.2.4.1.5.

Испытание горизонтальной жесткости при одностороннем линейно нарастающем нагружении должно быть использовано только с согласия инженера — проектировщика строительных конструкций, а при отсутствии подходящего испытательного оборудования — в подходящем месте. Чтобы получить требуемое значение секущей жесткости при одностороннем линейно нарастающем нагружении, величина, измеряемая в первичных испытаниях, должна быть умножена на отношение расчетного значения циклической жесткости K_b и значения K_b, определяемого при расчетной деформации сдвига в первичных испытаниях.

Для сейсмоизоляторов с низким демпфированием для мостов, подвергаемых небольшим сейсмическим воздействиям, должны быть выполнены только испытания в рамках заводского производственного контроля согласно ЕН 1337-3. Методы испытаний и частота выборки должны соответствовать ЕН 1337-3.

8.2.4.1.4 Число отбираемых образцов

Каждое первичное испытание проводится не менее двух раз, с использованием различных сейсмоизоляторов для каждого конкретного испытания. Если используется двухсрезная схема испытания на двойной срез для первичного испытания, должна испытываться только одна пара сейсмоизоляторов.

Испытуемый сейсмоизолятор может быть подвергнут нескольким различным первичным испытаниям, если испытания осуществляются в следующем порядке:

a) жесткость при сжатии (8.2.1.2.8);

b) зависимость горизонтальных характеристик от деформации сдвига эластомера (8.2.1.2.2), частоты (8.2.1.2.3), температуры (8.2.1.2.4) и повторного циклического нагружения (8.2.1.2.5);

c) эффект ползучести (8.2.1.2.10);

d) несущая способность при вертикальных нагрузках на сжатие при нулевом боковом смещении (8.2.1.2.6).

При условии, что сейсмоизолятор отвечает требованиям предыдущих испытаний;

е) способность к горизонтальному смещению (8.2.1.2.7).

Должен быть составлен обобщающий протокол испытания, указывающий порядок испытаний сейсмоизолятора, дату и время каждого испытания.

Для каждого типа сейсмоизолятора испытание на сжатие и испытание на сжатие и сдвиг в рамках заводского производственного контроля осуществляются на первом изготовленном сейсмоизоляторе. Впоследствии минимум 20 % изготовленных сейсмоизоляторов для каждого типа, выбранных случайным образом, должны быть подвергнуты обоим испытаниям в рамках заводского производственного контроля. Для проектов, включающих в себя строительную конструкцию, поддерживаемую четырьмя или меньшим числом сейсмоизоляторов, все изготовленные сейсмоизоляторы для этой конструкции должны быть испытаны, если иное не согласовано с инженером — проектировщиком строительных конструкций.

8.2.4.1.5 Методы испытаний и оборудование

8.2.4.1.5.1 Испытание на сжатие

Оборудование должно соответствовать Н.4 приложения Н ЕН 1337-3:2005.

Жесткость при сжатии должна быть определена в соответствии с Н.7.4 приложения Н ЕН 1337-3:2005 с применением метода согласно Н.6.2.2 приложения Н ЕН 1337-3:2005 (здесь максимальную нагрузку при сжатии в испытании принимают как N_{Sd}), если только нагрузка не должна быть приложена при постоянной скорости нагружения, а также если нагрузка и перемещение должны постоянно регистрироваться.

Протоколы испытаний для испытания на жесткость при сжатии и для испытания несущей способности при вертикальной нагрузке на сжатие при нулевом боковом смещении должны соответствовать Н.8 приложения Н ЕН 1337-3:2005, перечисления 1) — 5); протоколы испытаний должны также включать в себя вертикальную скорость загрузки и результат визуального контроля.

Примечание — Полученное значение жесткости будет мало зависеть от скорости нагружения. Скорость должна выбираться с учетом цели, для которой может быть поставлено измерение жесткости. Для информации, относящейся к деформации при сжатии при постоянных и квазипостоянных нагрузках, подходит низкая скорость. Рекомендуется такая скорость, чтобы нагрузка N_{Sd} была достигнута в течение 10 мин, этот показатель можно сравнить с приведенным в Н.6.2.1 приложения Н ЕН 1337-3:2005. Для информации, относящейся к жесткости при сжатии при сейсмическом воздействии, рекомендуется такая скорость нагружения, чтобы нагрузка N_{Sd} была достигнута за 1 с.

8.2.4.1.5.2 Комбинированные испытания на сжатие и сдвиг для горизонтальных характеристик

Желательно, чтобы оборудование позволяло проведение испытания только одного сейсмоизолятора за один раз. Можно использовать двухсрезную схему испытания на сдвиг. Требования к машине для проведения испытания приведены в приложении G.

Циклическое перемещение сдвига следует прилагать с частотой 0,5 Гц или частотой сейсмоизоляции. Более низкие частоты могут быть использованы по согласованию с инженером — проектировщиком строительных конструкций. Испытательная частота должна быть не менее 0,01 Гц. Входной сигнал должен быть синусоидальным или треугольным, предпочтительной является синусоидальная форма.

Сейсмоизолятор должен быть подвергнут сжимающему напряжению 6 МПа. Другие значения нагружения можно использовать по запросу инженера — проектировщика строительных конструкций.

Когда сейсмоизоляторы испытываются не при температуре окружающей среды без применения кожуха, контролирующего температуру, сейсмоизоляторы должны быть изолированы системой, способной поддерживать температуру при требуемом значении. Сейсмоизолятор должен находиться при температуре испытания в течение достаточного времени для обеспечения достижения внутренней частью этой температуры.

Примечание — Для большого сейсмоизолятора может потребоваться несколько часов для того, чтобы внутренняя часть достигла температуры испытания.

Жесткость K_b и демпфирование ξ_b или жесткость во второй ветви цикла нагрузки K_2 (жесткость после упругости) и характеристическая прочность Q_d должны быть рассчитаны с использованием выражения, приведенного в G.5.

Протокол испытаний должен соответствовать ЕН 1337-3:2005, Н.8 приложения Н, перечисления 1)—3), а также включать в себя следующие дополнительные перечисления:

4) схема испытания — одинарный или двойной срез, местоположение и тип датчиков нагрузки и датчиков перемещений и подтверждение того (например, в отношении влияния какого-либо эффекта трения на показание датчиков нагрузки), что требования к оборудованию выполнены;

5) прилагаемая вертикальная сжимающая нагрузка и указание, проводилось ли испытание при постоянной вертикальной сжимающей нагрузке или при постоянном смещении вследствие сжимающего усилия;

6) испытательная(ые) температура(ы);

7) испытательная(ые) частота(ы);

8) список испытательных амплитуд деформации сдвига в порядке проведения испытаний;

9) K_b и ξ_b (или K_2 и Q_d) на третьем цикле при каждой амплитуде деформации сдвига;

10) изображение кривой «усилие сдвига — перемещение» для каждого третьего цикла и записи колебаний вертикальной сжимающей нагрузки и вертикального перемещения в течение этого цикла;

11) дата и продолжительность испытания.

Если проводится испытание горизонтальной жесткости при линейно нарастающем нагружении, два требования к оборудованию для испытания по приложению G, связанные с влиянием гистерезиса в ходе нагрузок при сжатии, могут не применяться. Перечисления 7) — 11) в протоколе испытаний должны быть заменены следующими пунктами:

7) скорость нагружения;

8) секущая жесткость при расчетном смещении;

9) запись кривой «сила — перемещение»;

10) дата и продолжительность испытания.

8.2.4.1.5.3 Горизонтальная несущая способность

Желательно, чтобы оборудование позволяло проведение испытание только одного сейсмоизолятора за один раз. Можно использовать двухсрезную схему испытания на сдвиг, в этом случае оба испытуемых сейсмоизолятора с точки зрения прочности на сжатие не должны отличаться более чем на 15 % друг от друга. Требования к машине для проведения испытания приведены в приложении G. Оба требования к оборудованию для испытания по приложению G, связанные с влиянием гистерезиса в ходе нагрузок при сжатии, могут не применяться. Испытание должно проводиться при постоянной сжимающей нагрузке. Постоянная вертикальная деформация вследствие сжимающих сил не используется.

Крепления, используемые при испытании, должны иметь такую же конструкцию, как и те, которые будут использоваться при креплении сейсмоизолятора на защищаемой конструкции и изготовляться из аналогичных материалов.

Примечание — Скорость нагружения существенно не влияет на результат, так как от модуля сдвига эластомера не требуется высокая чувствительность к частоте. Рекомендуется линейно нарастающая скорость нагрузки в диапазоне, соответствующем скорости деформации эластомера между 1 % $с^{-1}$ и 100 % $с^{-1}$.

Максимальное прикладываемое перемещение при сдвиге должно удерживаться в течение минимум 2 мин, за это время осуществляется проверка визуальных признаков отказа (с обязательным соблюдением мер предосторожности). Проверки также должны выполняться после снятия перемещения при сдвиге, но в то время, пока сохраняется сжимающая нагрузка.

Отчет об испытании должен включать в себя перечисления 1)—6) 8.2.4.1.5.2, а также:

a) прилагаемую вертикальную сжимающую нагрузку;

b) скорость перемещения при сдвиге;

c) кривую «усилие сдвига — перемещение»;

d) результаты визуального контроля;

e) дату и продолжительность испытания.

8.2.4.1.5.4 Испытания на ползучесть

Оборудование должно поддерживать необходимую постоянную нагрузку в пределах 5 % на протяжении всего испытания.

Примечание — Оборудование, прилагающее нагрузку от собственного веса на испытуемый сейсмоизолятор либо непосредственно, либо через гидравлический механизм, является наиболее подходящим.

Испытание на ползучесть осуществляется на одном сейсмоизоляторе, подвергаемом расчетной вертикальной статической нагрузке N_{Sd}. Скорость нагружения должна быть такой, чтобы полная испытательная нагрузка достигалась менее чем за 2 мин. Вертикальное отклонение должно контролироваться в пределах от 10 до 10^4 мин.

Отчет об испытании на ползучесть должен соответствовать Н.8 приложения Н ЕН 1337-3:2005, перечисления 1)—5), протокол испытаний также должен включать в себя значение ползучести в процентном соотношении между 10 мин и 10^4 мин по отношению к деформации после 10 мин, график «время — деформация» на логарифмической оси и запись любых визуальных изменений.

8.2.4.2 Эластомеры

8.2.4.2.1 Общие положения

Испытания в настоящем пункте осуществляются на эластомере, используемом для изготовления армированной части изолятора, чтобы показать соответствие требованиям к материалу, приведенным в 8.2.2.1. Образцы не должны подвергаться предварительной нагрузке, за исключением случаев, когда сейсмоизоляторы поставляются после предварительной нагрузки. В этом случае испытуемые сейсмоизоляторы должны подвергаться той же процедуре предварительной нагрузки, что и при производстве сейсмоизоляторов.

8.2.4.2.2 Первичные испытания

Первичные испытания, перечисленные в таблице 12, осуществляются в соответствии с методами, указанными в 8.2.4.2.5.

Для эластомеров с низким демпфированием испытания, указанные в таблице 8, и для эластомеров с высоким демпфированием испытания, указанные в таблице 9, осуществляются как первичные испытания в соответствии с методом стандарта, установленного в соответствующей таблице. Требования, указанные в таблице для каждого испытания, должны быть выполнены. Испытания должны проводиться минимум один раз.

Для эластомеров с низким демпфированием сейсмоизоляторов для мостов, подвергаемых небольшим сейсмическим воздействиям (см. 8.2.1.1), испытания согласно таблице 1 ЕН 1337-3:2005 осуществляются в соответствии с частотой выборки и требованиями к образцу согласно (таблица 8) ЕН 1337-3:2005. Такие эластомеры не подлежат другим испытаниям по настоящему стандарту.

8.2.4.2.3 Испытания в рамках заводского производственного контроля

Для эластомеров с низким демпфированием испытания, указанные в таблице 8, и для эластомеров с высоким демпфированием испытания, указанные в таблице 9, осуществляются как испытания в рамках заводского производственного контроля при частоте выборки, указанной в 8.2.4.2.4 в соответствии с методом стандарта, установленным в соответствующей таблице; при этом должны быть выполнены требования, указанные в таблице для каждого испытания.

Для эластомеров с низким демпфированием для сейсмоизоляторов мостов, подвергаемых небольшим сейсмическим воздействиям (см. 8.2.1.1), испытания согласно таблице 1 ЕН 1337-3:2005 осуществляются в соответствии с частотой выборки и требованиями к образцу согласно ЕН 1337-3:2005 (таблица 8).

8.2.4.2.4 Частота выборки

Испытания в рамках заводского производственного контроля, за исключением испытания на разрыв, осуществляются на каждой партии смеси. Испытание на разрыв осуществляется на первой партии смеси, затем образец для испытания выбирается случайным отбором минимум один раз на каждые пять партий состава.

Примечание — Партия смеси является отдельной смесью или сочетанием смесей того же состава.

Таблица 12 — Проведение первичных испытаний эластомеров

Испытание	Ссылка на требование
Изменение модуля сдвига и демпфирования с:	
амплитудой деформации	8.2.2.1.3.2
частотой	8.2.2.1.3.3
температурой	8.2.2.1.3.4
старением	8.2.2.1.3.5
повторным циклическим нагружением	8.2.2.1.3.6
Испытание на прочность сцепления при срезе:	
до старения	8.2.2.1.4.1
после старения	8.2.2.1.4.2
Кристаллизация при низкой температуре	8.2.2.1.5
Медленный рост трещин	8.2.2.1.6

8.2.4.2.5 Методы испытаний и оборудование

8.2.4.2.5.1 Общие положения

Испытания должны проводиться на образцах, изготовленных при той же температуре, что и основная часть устройств, и в течение сопоставимого времени, или на образцах, взятых из полностью готовых устройств (устройство необязательно изготовлять с полным сцеплением для облегчения изготовления образцов). В последнем случае должны быть испытаны образцы из верхнего или нижнего слоя резины и из середины устройства, кроме того, для испытания на озоностойкость образцы должны быть взяты из бокового покрывающего слоя.

Испытания должны проводиться при температуре (23 ± 2) °С, если не указано иное.

При проведении испытаний при температуре, отличной от температуры окружающей среды, должны быть приняты специальные меры для того, чтобы весь образец резины имел требуемую температуру с точностью ± 1°С. Температура образца должна быть занесена в протокол.

Примечание — Для образцов из эластомера с привулканизированными металлическими пластинами простой анализ термической диффузии показывает, что время (в минутах) необходимое для того, чтобы весь образец резины достиг испытательной температуры, численно равно минимум квадрату толщины резины (в миллиметрах).

Испытания для удовлетворения общих требований к свойствам, указанным в 8.2.2.1.2, осуществляются в соответствии со стандартом, указанным в таблице 8 в случае эластомера с низким демпфированием и в таблице 9 в случае эластомера с высоким демпфированием.

В протоколе испытаний должно быть указано, какие образцы, формованные или взятые из полностью готовых устройств, были использованы. Для последнего случая фиксируются результаты для образцов из внешнего и внутреннего слоев резины и середины устройства. В отчете указывается, что испытание проводится в соответствии с требованиями настоящего стандарта.

8.2.4.2.5.2 Модуль динамического сдвига и демпфирование

Испытуемые образцы должны соответствовать ИСО 4664, за исключением схемы с четырьмя плоскостями сдвига, также можно использовать прямоугольные резиновые элементы. Размер прямоугольных резиновых элементов в направлении сдвига должен быть минимум в четыре раза больше толщины.

Испытательная машина должна быть способна регистрировать силы и перемещения для отдельного цикла. Испытательная частота, кроме случаев, когда испытание требует некоторого диапазона частот, должна быть 0,5 Гц, если иное не согласовано с инженером — проектировщиком строительных конструкций. Четыре полных синусоидальных цикла проводятся для каждой амплитуды, за исключением случаев, когда не менее 11 циклов проводятся при испытании для подтверждения стабильности характеристик при повторном циклическом нагружении. За исключением данного испытания, значения модуля сдвига и демпфирования должны быть оценены в третьем цикле деформации. Жесткость образца и демпфирование должны быть рассчитаны с использованием выражения в G.5. Модуль сдвига G эластомера должен быть определен из наблюдаемой жесткости k_h для одного эластомерного элемента, его площади и толщины:

$$G = k_h X \text{ (толщина/площадь)}. \quad (25)$$

В протоколе испытаний должно быть указано следующее:

1) используемый тип геометрии образца, режим вулканизации и был ли образец изготовлен специально или вырезан из устройства;

2) подробные данные для испытательной машины, датчика нагрузок и датчика перемещения;

3) испытательная(ые) температура(ы);

4) амплитуда(ы) деформации;

5) значения модуля сдвига и демпфирования для третьего цикла.

Для подтверждения устойчивости характеристик сдвига при повторном циклическом нагружении в перечислении 5) заменяется значениями модуля сдвига и демпфирования для второго — десятого циклов и модулем сдвига для первого цикла, а также включаются следующие дополнительные пункты:

6) соотношение между минимальным и максимальным значениями G, измеряемыми в циклах между вторым и применяемым предпоследним;

7) соотношение между минимальным и максимальным значениями ξ, измеряемыми в циклах между вторым и применяемым предпоследним;

8) соотношение между минимальным и максимальным значениями ξ, измеряемыми в циклах между первым и применяемым предпоследним.

8.2.4.2.5.3 Испытание на прочность сцепления при сдвиге

Должен быть использован такой тип образца для испытаний, который используется в измерениях динамического модуля, но с соотношением длины (в направлении нагрузки) к толщине минимум 10. Образец для испытаний должен деформироваться при постоянной скорости до тех пор, пока деформация сдвига не составит минимум $\gamma_b \varepsilon_{q,max,E}$ (где $\varepsilon_{q,max,E}$ — деформация сдвига, соответствующая смещению d_{Ed}). Испытание должно проводиться на трех испытательных образцах.

Примечание — Скорость нагружения существенно не влияет на результат, так как от модуля сдвига эластомера не требуется высокая чувствительность к частоте. Рекомендуется линейно нарастающая скорость нагрузки в диапазоне, соответствующем скорости деформации эластомера между 10 % $с^{-1}$ и 100 % $с^{-1}$.

Отчет об испытании должен включать в себя:

1) используемый тип геометрии образца, режим вулканизации и был ли образец изготовлен специально или вырезан из устройства;

2) скорость деформации;

3) кривую «сила — перемещение»;

4) отчет визуального контроля;

5) условия старения;

6) результаты всех образцов для испытания.

8.2.4.2.5.4 Сопротивление кристаллизации при низкой температуре

Непосредственно перед испытанием образец для испытания должен выдерживаться при 70 °С в течение 45 мин, затем 3 ч при 23 °С. Отношение «сила — перемещение» должно быть первоначально зарегистрировано при 23 °С до деформации сдвига в 100 %, при нагружении с линейно нарастающей скоростью не ниже 100 %/мин.

Деформация сдвига 40 % должна прилагаться в течение выдерживания при низких температурах; время и температура выдерживания должны быть установлены инженером — проектировщиком строительных конструкций в соответствии с условиями эксплуатации, за исключением того, что температура испытания для натурального каучука должна быть не ниже минус 25 °С, а для хлоропренового каучука не ниже минус 10 °С. Время выдерживания должно быть взаимосвязано с периодом, в течение которого минимальная дневная температура эксплуатации может быть равна или ниже температуры испытания.

Примечание — Температуры, установленные в предыдущем абзаце, это те температуры, при которых скорость кристаллизации является наивысшей. В F.2 приложения F приведены основная информация о кристаллизации при низкой температуре и рекомендации по продолжительности испытания.

В конце требуемого периода выдерживания отношение «сила — перемещение» должно записываться до деформации сдвига 100 % при применении такой же линейно нарастающей нагрузки, как и для начального испытания, и такой же температуры, как установлено для выдерживания. При любом перемещении образца для испытания в оборудование, отличное от используемого в процессе выдерживания при низкой температуре, должно быть гарантировано, что температура образца для испытания в процессе перемещения не возрастет более чем на 2 °С. Также должна быть измерена жесткость при сдвиге образца для испытания.

Отчет об испытании должен включать в себя:

1) подробные данные испытательного оборудования;

2) геометрию образца для испытания, режим вулканизации и был ли образец изготовлен специально или вырезан из устройства;

3) скорость нарастания нагрузки и перемещение при сдвиге;

4) низкую температуру и время выдерживания;

5) секущую жесткость при сдвиге при 23 °С и при низкой испытательной температуре в конце периода выдерживания.

8.2.4.2.5.5 Сопротивление медленному росту трещин

Отчет об испытании должен включать в себя:

1) геометрию образца для испытания, режим вулканизации и был ли образец изготовлен специально или вырезан из устройства;

2) прилагаемую нагрузку;

3) рост трещины при нагрузке в течение 24 ч.

8.2.4.3 Полимерный сердечник

8.2.4.3.1 Общие положения

Испытания в настоящем пункте должны проводиться на материале сердечника, используемом для обеспечения демпфирования в сейсмоизоляторе с полимерным сердечником, чтобы показать выполнение требований 8.2.2.2.

8.2.4.3.2 Первичное испытание

Первичные испытания, за исключением испытаний на прочность сцепления при сдвиге и испытания на медленный рост трещин, приведенные в таблице 12, должны проводиться в соответствии с методами, определенными в 8.2.4.2.5.

8.2.4.3.3 Испытания в рамках заводского производственного контроля

Измерение модуля сдвига и демпфирования при амплитуде деформации сдвига, соответствующей расчетному смещению d_{bd}, должно осуществляться для каждой партии материала. Испытательные методы и методики должны соответствовать использованным для первичных испытаний. Значения модулей сдвига и демпфирования должны быть в пределах ± 15 % соответствующего значения первичного испытания.

8.2.5 Производственные допуски

Допуски должны соответствовать тем, что приведены в разделе 6 ЕН 1337-3:2005, если только в настоящем пункте не установлено иное.

Для сейсмоизоляторов, расположенных в углублении, допуск на размер в плане должен быть +0/–2 мм.

Для сейсмоизоляторов, присоединенных к поясной плите или конструкции с помощью болтов, допуск на положение отверстий должен быть ± 0,2 %, если альтернативное значение не согласовано с инженером — проектировщиком строительных конструкций.

8.2.6 Маркировка и этикетирование

Сеисмоизоляторы должны соответствовать требованиям к маркировке и этикетированию (за исключением относящихся к рабочим характеристикам при низкой температуре), приведенным в подразделе 7.3 ЕН 1337-3:2005.

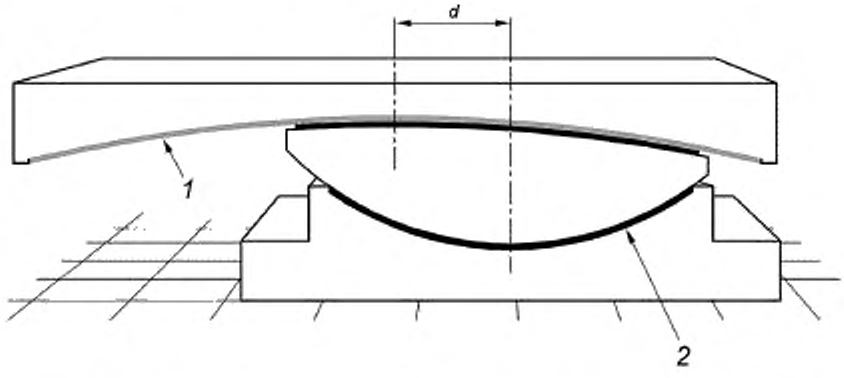
8.3 Маятниковые скользящие опоры

8.3.1 Требования

8.3.1.1 Общие положения

Настоящий подраздел применяется к сейсмоизоляторам, которые обеспечивают четыре основных функции (см. 3.1.26) благодаря надлежащему расположению криволинейных поверхностей скольжения и использованию свойств маятника для удлинения периода собственных колебаний сейсмоизолированной конструкции.

Сферически вогнутая первичная (главная) поверхность скольжения маятниковой опоры обеспечивает возвратную силу при смещении *d*. Энергия рассеивается в первичной поверхности скольжения благодаря трению вследствие движения. Вращения конструкции возможны благодаря вторичной поверхности скольжения. (см. рисунок 4).



1 — первичная поверхность скольжения; *2* — вторичная поверхность скольжения

Рисунок 4 — Принцип функционирования и главные элементы маятниковых скользящих опор

Настоящий пункт также применяется к двояковогнутой маятниковой скользящей опоре, которая включает в себя две повернутые друг к другу первичные поверхности скольжения с одинаковыми радиусами кривизны, при этом обе поверхности способствуют восприятию горизонтального перемещения.

Примечание — Маятниковая скользящая опора характеризуется явным нелинейным поведением; таким образом, она вызывает значительную нелинейность и диссипацию энергии в динамических характеристиках конструктивной системы, характеристики, которые должны соответствующим образом приниматься в расчет при моделировании конструкции (см. 4.5 настоящего стандарта и пункт 10.9.7 (5) ЕН 1998-1:2004).

Маятниковые скользящие опоры должны выполнять общие требования, приведенные в 8.1, и требования к рабочим характеристикам, приведенные в 8.3.1.2. Материалы, используемые при их производстве, должны соответствовать требованиям 8.3.2.

Кроме случаев, указанных в настоящем подразделе, маятниковые скользящие опоры должны соответствовать общим функциональным требованиям и требованиям к рабочим характеристикам, приведенным в ЕН 1337-2 и ЕН 1337-7 для подшипников и опор в строительстве.

Несущая способность, так же как и характеристики деформации и демпфирования, используемые в проектировании и сейсмическом анализе системы сейсмоизоляции, должны быть подтверждены путем испытания в соответствии с 8.3.4.

Перед использованием посредством первичных испытаний, приведенных в 8.3.4.1, должны быть оценены основные характеристики маятниковых скользящих опор и подтверждено их поведение в случае землетрясения. Эти первичные испытания должны выполняться по отдельности на минимум двух образцах в масштабе 1:1 для каждого типа, используемого в проектировании.

Значения верхних и нижних расчетных значений характеристик, упоминаемые в 4.4.2, должны быть определены по первичным испытаниям с учетом следующих величин разброса:

- разброс вследствие изготовления ± 20 %;
- разброс вследствие колебаний температуры и продолжительности эксплуатации, фиксируемые при T_U и T_L (см. 8.3.1.2.5 и 8.3.1.2.6);
- разброс вследствие колебаний в результате старения, определенных при испытании (см. 8.3.1.2.6).

Для комбинации трех параметров должен использоваться коэффициент 0,7.

Отношение между верхними и нижними расчетными значениями характеристик должно быть менее 1,8.

8.3.1.2 Требования к рабочим характеристикам для маятниковой скользящей опоры

8.3.1.2.1 Общие положения

Требования к рабочим характеристикам определяют количественные характеристики, которые должны быть установлены для маятниковых скользящих опор первичными испытаниями. Все требуемые предельные значения должны быть указаны. Испытания, которые также должны быть использованы в качестве испытаний в рамках заводского производственного контроля, приведены в 8.3.4.2.

Если задача маятниковых скользящих опор заключается исключительно в обеспечении трех функций, а именно: передача вертикальной нагрузки, горизонтальная податливость и возвратная сила, но не диссипация энергии, материалы, проектные требования и методы испытаний должны соответствовать ЕН 1337-2 или эквивалентным техническим свидетельствам для опор в строительстве. В этом случае испытания сейсмоизоляции со скольжением по таблице 15, за исключением серии испытаний S и P1, допускается не проводить.

8.3.1.2.2 Несущая способность

Маятниковые скользящие опоры в состоянии без бокового перемещения должны быть способными выдерживать вертикальную нагрузку, равную $2N_{Sd}$, где N_{Sd} — это постоянная статическая нагрузка плюс комбинация несейсмической переменной нагрузки (нагрузок) в соответствии с ЕН 1990, Приложение А.1 для зданий или А.2 для мостов.

В испытаниях в соответствии с 8.3.4.1.2 устройство не должно получить никаких повреждений, а антифрикционный материал как первичной, так и вторичной поверхности скольжения не должен иметь каких-либо признаков увеличивающихся явлений текучести или износа вследствие недостаточной механической прочности, склеивания и/или образования камер.

Несущая способность маятниковой скользящей опоры должна сохраняться неизменной после испытаний, установленных в 8.3.4.1.5.

Примечание — Антифрикционный материал первичной поверхности скольжения работает в качестве обычного материала опоры при условиях эксплуатации и, таким образом, необходимо обязательное подтверждение стабильности его механических характеристик после крупного землетрясения.

8.3.1.2.3 Способность к горизонтальному смещению

Сейсмоизоляторы должны быть в состоянии воспринимать горизонтальное перемещение, равное $\gamma_b d_{Ed}$, где γ_b — частный коэффициент для маятниковой скользящей опоры. Значение γ_b должно быть 1,0.

Сейсмоизоляторы не должны содержать любых механических элементов, которые служат в качестве концевых ограничителей, таких как ограничительные кольца, во избежание вероятности любого ударного воздействия между жесткими механическими элементами, которые могут вызвать повреждение устройства в случае, когда имеет место перемещение более чем $\gamma_b d_{Ed}$.

8.3.1.2.4 Предельный угол поворота сечения

Примечание — В маятниковой скользящей опоре поступательные движения возбуждают вращательные движения опорного башмака, которые возможны благодаря вторичной поверхности скольжения.

Вторичная поверхность скольжения должна быть способна обеспечить вращение опорного башмака, вызванного горизонтальным перемещением $\gamma_b d_{Ed}$. В соответствии с ЕН 1337-1:2001, подраздел 5.4, это расчетное значение перемещения должно быть увеличено на ± 0,005 рад или ± 10 мм/R_2, рад, определяющим является большее значение, где R_2, мм, — радиус кривизны вторичной поверхности скольжения. Это дополнение применяется исключительно для проектирования предельного угла поворота сечения. Оно не может использоваться при расчете напряжений.

8.3.1.2.5 Максимальное фрикционное сопротивление движениям в состоянии эксплуатации

Примечание 1 — Статическое сопротивление трения — максимальная сила, которая во время первого перемещения необходима для произведения макроскопического движения (см. пункт 3.2.3 ЕН 1337-2:2004) и рассматривается при проектировании сейсмоизолятора, его системы крепления и прилегающих элементов конструкции.

Во время движений, совершающихся в условиях эксплуатации, сейсмозоляторы должны развивать силу трения, меньшую или равную значению, установленному инженером — проектировщиком строительных конструкций.

Трение не должно использоваться для передачи воздействий действующих извне горизонтальных нагрузок, за исключением нагрузок, вызванных землетрясением (см. подраздел 6.7 ЕН 1337-2:2004).

Примечание 2 — Сейсмоизоляторы могут включать в себя устройства-ограничители, которые предотвращают движения в результате ветра и прочих внешних воздействий в одном или всех направлениях и позволяют устройству движение без ограничений в случае землетрясения (см. 5.2, предохранители-ограничители).

Значение для силы сопротивления трения должно быть проверено испытаниями в соответствии с 8.3.4.1.3. Измеренная обусловленная трением сила расцепления, развиваемая сейсмоизолятором, должна быть меньше, чем значение, установленное инженером — проектировщиком строительных конструкций.

Образец антифрикционного материала должен быть подвержен долговременному испытанию в соответствии с 8.3.4.1.4. Общий путь скольжения s_t должен быть указан производителем и не должен быть меньше, чем 10000 м для мостов и 1000 м для зданий или эквивалентного типа конструкций. Максимальный коэффициент трения для каждого температурного режима и контактного давления, как определено долговременными испытаниями, должен быть указан в протоколе испытаний и использован для определения расчетных значений максимальной силы сопротивления трения (см. 8.3.3.4.1).

8.3.1.2.6 Характеристики сейсмоизоляции

Примечание 1 — Динамическое трение — механизм, посредством которого в маятниковой скользящей опоре осуществляется диссипация энергии. Поэтому данный параметр имеет принципиальную важность в определении реакции системы сейсмической изоляции.

Испытания должны проводиться в соответствии с 8.3.4.1.5.

Испытание целостности покрытия должно запрашиваться только в том случае, если лист аустенитной стали фиксируется сварными швами. Должно быть проведено три цикла, как описано в таблице 15, в направлении движения перпендикулярно сварным швам.

Кривые «сила — перемещение» для всех испытаний, установленных в таблице 15, должны иметь увеличивающуюся горизонтальную жесткость.

Сопряженный сферический лист аустенитной стали не должен иметь признаков выпучивания, остаточной деформации или перемещения.

Должны быть выполнены следующие требования, определенные для испытаний по таблице 15:

Испытание S — условия эксплуатации:

Максимальная зафиксированная горизонтальная сила не должна превышать значения, определенного инженером — проектировщиком строительных конструкций.

Испытания D1, D2, D3 — динамические условия:

1) изменение возвратной жесткости между последовательными циклами должно составлять не более чем ± 10 %;

2) для каждого цикла возвратная жесткость верхней части цикла может отличаться не более чем на 5 % значения, полученного для нижней части цикла;

3) среднее значение возвратной жесткости для трех циклов находится в пределах ± 15 % расчетного значения,

4) максимальная горизонтальная сила для каждого из трех циклов находится в пределах ± 15 % от расчетного значения;

5) энергия, рассеянная за цикл, для каждого цикла не меньше, чем 85 % расчетной энергии, рассеянной за цикл, установленной в соответствии с максимальными плановыми перемещениями;

6) возвратная жесткость каждого отдельного цикла и среднее значение возвратной жесткости образца находится в пределах ± 15 % такой же жесткости других образцов.

Испытание О — целостность ответного покрытия:

- должны применяться требования испытания D3. Дополнительно испытательный образец не должен иметь трещин или любых признаков повреждения.

Испытание Е — сейсмические условия:

- должны применяться такие же условия приемки, что и применяемые для испытания динамических условий.

Испытание В — двунаправленное:

- не должно возникать никаких признаков выпучивания, остаточной деформации или перемещения поверхности листа аустенитной стали.

Испытание Р1 — контрольное значение для испытаний в рамках заводского производственного контроля

Испытание Р2 — подтверждение характеристик:

- должны применяться требования для испытания эксплуатационных условий.

Испытание Р3 — контрольное значение для влияния старения:

- изменение значения трения в сравнении с результатом испытания Р1 должно учитываться при проектировании.

При всех условиях нагружения движение в поверхностях скольжения должно быть ровным и без каких-либо вибраций, например вызванных скачкообразным перемещением.

Колебание горизонтальной нагрузки при любом значении перемещения опоры должно быть в пределах диапазона ± 5 % средней возвратной силы. Средняя возвратная сила должна быть получена из определенной методом наименьших квадратов прямой лучшего соответствия реакции в диапазоне ± 95 % максимального перемещения.

Примечание 2 — Значение колебаний силы по причине скачкообразного перемещения будет зависеть от пригодности машины для испытаний и соединений с устройством.

Коэффициент трения и все соответствующие рабочие характеристики должны находиться в пределах, определенных инженером — проектировщиком строительных конструкций при условиях испытания, определенных в 8.3.4.1.5.

Зависящие от температуры, старения и срока службы верхнее и нижнее расчетные значения, описанные в 4.4.2, должны быть основаны на результатах долговременного испытания трения скольжения согласно 8.3.4.1.4. Необходимо исходить из того, что соотношение между этими значениями является равным соотношению между значениями динамического коэффициента трения $\mu_{dyn,max}$ и $\mu_{dyn,min}$ в конце фазы В, принимая во внимание верхние и нижние предельные значения эксплуатационных температур T_U и T_L соответственно, определенных на основе часто встречающихся значений, как описано в пункте 4.4.2 ЕН 1991-1-5. Влияние старения на коэффициент трения должно быть определено из результата испытания на старение согласно 8.3.4.1.6.

Примечание 3 — Зависимость срока службы здесь понимают как изменение характеристик трения за длительный период вследствие накопленного пути скольжения в условиях эксплуатации.

8.3.1.2.7 Износостойкость

Примечание 1 — Элементы скольжения являются критическими компонентами маятниковой скользящей опоры, и сохранение их работоспособности после сильного землетрясения помогает избежать необходимости проведения срочного технического обслуживания и ремонта или, что еще критичнее, мероприятий по замене.

Примечание 2 — Объектом проверки является демонстрация способности сейсмоизолятора выдерживать продолжительные воздействия как в процессе его эксплуатации, так и при возникновении сейсмического воздействия.

Примечание 3 — Деформация ползучести является значительной, и ее доля вычитается из наблюдаемого уменьшения толщины, для того чтобы оценить степень износа надлежащим образом. При отсутствии более точных измерений изменение в толщине слоя антифрикционного материала после 48 ч постоянной нагрузки без скользящих движений может быть принято как деформация ползучести для последующей корректировки.

Износ скользящих поверхностей в течение их срока эксплуатации и в случае проектного землетрясения должен быть ограничен способом, обеспечивающим достаточный запас для надлежащего функционирования сейсмоизолятора в соответствии с испытаниями, приведенными в 8.3.4.1.4 и 8.3.4.1.5. Должны выполняться следующие требования:

a) уменьшение толщины антифрикционного материала, измеренное как разница между толщиной антифрикционного материала в каждой из восьми симметрично расположенных точек до и после первичного испытания опытного образца опоры и скорректированное с учетом эффекта ползучести в процессе испытаний, не превышает 20 % первоначальной толщины;

b) глубина канавок вследствие истирания поверхности аустенитной стали должна быть меньше 0,05 мм;

c) деформация опорных плит должна быть ограничена таким образом, чтобы максимальное отклонение Δ_z от теоретической криволинейной поверхности в пределах зоны примыкания сопряженной плиты скольжения не превышало $0{,}0003L$ или 0,2 мм, определяющим является большее значение. L — диаметр описанной окружности цельных или состоящих из нескольких частей плит из антифрикционного материала (см. рисунки 3, 4 и 5 ЕН 1337-2 для разъяснения определения).

8.3.2 Материалы

8.3.2.1 Антифрикционные материалы

Должны использоваться исключительно материалы, подходящие для криволинейных поверхностей конструктивных скользящих опор для применения в строительстве согласно ЕН 1337-2 или эквивалентным техническим свидетельствам.

Примечание — Для первичных поверхностей скольжения могут быть использованы несмазанные пластины без смазочных карманов.

8.3.2.2 Сопряженные поверхности

Для сопряженных поверхностей должны использоваться аустенитная сталь 1.4401 + 2B или 1.4404 + 2B в соответствии с ЕН 10088-2 или опорные плиты, имеющие минимум 100 мкм твердого хромового покрытия в соответствии с ЕН ИСО 6158. Толщина листов аустенитной стали должна составлять не менее 2,5 мм.

Характеристики первичной поверхности скольжения должны быть установлены производителем и рассматриваться в испытаниях характеристик скольжения согласно 8.3.4.1.4 и 8.3.4.1.5. Если первичная поверхность скольжения имеет функцию как обеспечения диссипации энергии, так и сейсмоизоляции, требования для характеристик поверхности, т. е. шероховатость R_z в соответствии с ЕН ИСО 4287 и прочность в соответствии с ЕН ИСО 6507-2, должны быть названы производителем.

Характеристики вторичной поверхности скольжения и первичной поверхности скольжения, которые не служат для обеспечения диссипации энергии, должны соответствовать ЕН 1337-2:2004, подразделы 5.4 и 5.5.

Для подтверждения выполнения требований должны быть выполнены первичные испытания и испытания в рамках заводского производственного контроля каждой партии материала.

8.3.2.3 Смазочные материалы

Если поверхность скольжения смазана, смазочный материал должен соответствовать подразделу 5.8 ЕН 1337-2:2004.

8.3.2.4 Опорные плиты

Для изготовления опорных плит должны использоваться стальные листы в соответствии с ЕН 10025, чугун в соответствии с ИСО 1083, углеродистая литая сталь в соответствии с ИСО 3755 или нержавеющая сталь в соответствии с ЕН 10088, в зависимости от пригодности.

Основание для накладных поверхностей скольжения с твердым хромовым покрытием должно изготовляться из стали марки S 355 J2G3 или из мелкозернистой конструкционной стали такой же или более высокой марки в соответствии со стандартом серии ЕН 10025.

8.3.3 Проектирование

8.3.3.1 Несущая способность

Несущую способность определяют согласно 6.3.1 и 6.3.3 ЕН 1337-7:2004.

Для сферических поверхностей скольжения с углом между двумя направлениями $2\theta \leq 60°$ метод определения напряжения сжатия должен соответствовать методу, приведенному в EN 1337-7. Для сферических поверхностей скольжения с углом между двумя направлениями $2\theta > 60°$ определение напряжения сжатия должно проводиться с использованием соответствующих методов расчета, таких как метод конечных элементов.

Примечание — Действующий в пределах диапазона линейных упругих деформаций упрощенный метод для расчета распределения напряжений в сферических опорных поверхностях приведен в приложении I.

8.3.3.2 Способность к горизонтальному смещению

Размеры сопряженной поверхности для первичной поверхности скольжения должны быть рассчитаны таким образом, чтобы во всех условиях эта сопряженная поверхность полностью покрывала антифрикционный материал первичной поверхности скольжения.

8.3.3.3 Предельный угол поворота сечения

Размеры сопряженной поверхности для вторичной поверхности скольжения должны быть рассчитаны таким образом, чтобы во всех условиях эта сопряженная поверхность полностью покрывала антифрикционный материал вторичной поверхности скольжения.

8.3.3.4 Сопротивление трения

Примечание — В процессе движений маятниковой скользящей опоры трение возникает как в первичной, так и во вторичной поверхности скольжения. Однако требования для двух поверхностей различны, поскольку трение в первичной поверхности скольжения служит для рассеивания энергии, в то время как во вторичной поверхности скольжения трение необходимо минимизировать, для того чтобы обеспечить правильное распределение напряжений сжатия в антифрикционных материалах опоры.

8.3.3.4.1 Максимальная сила сопротивления трения

Для проверки сейсмоизолятора и конструкции должен использоваться статический коэффициент трения μ_{max}.

Расчетное значение максимальной силы сопротивления трения определяется по формуле:

$$F_{xy,d} = \mu_{max} N_{Sd} \text{ sign } (d_b). \quad (26)$$

где N_{Sd} — нормальная сила в устройстве при несейсмических расчетных условиях;

sign (d_b)— знак вектора скорости (d_b);

d_b — относительное перемещение двух поверхностей скольжения.

а) Первичная поверхность скольжения

Значения статического коэффициента трения μ_{max} рассчитываются из долгосрочных испытаний трения, как указано в 8.3.4.1.4.

Расчетные значения для различных уровней давления соответствуют максимальным значениям, измеренным в фазах A, C и D в конце испытания при различных давлениях. Промежуточные значения должны быть получены посредством линейной интерполяции или из уравнения (29).

Для давлений ниже $0{,}08f_k$ или выше $0{,}33f_k$, где f_k — характеристическое значение прочности на сжатие антифрикционного материала (см. таблицу 10 ЕН 1337-2:2004), коэффициент трения должен предполагаться равным пороговым значениям.

Расчетная температура T_L — часто возникающая низкая температура, как описано в 1.5.1.3.17 ЕН1990:2002, она должна быть установлена инженером — проектировщиком строительных конструк-

ций. При отсутствии более точных значений должна использоваться T_L = – 10 °С для мостов и 0 °С для зданий.

b) Вторичная поверхность скольжения

Если в качестве антифрикционного материала используется политетрафторэтилен, его коэффициент трения должен соответствовать подразделу 4.1 ЕН 1337-2:2004. Коэффициент трения антифрикционных материалов, не соответствующих настоящему пункту, должен соответствовать значениям, установленным в технических свидетельствах, которые разрешают их использование в несущих конструкциях.

8.3.3.4.2 Скользящая сейсмоизоляция

Примечание — Поведение сейсмоизолятора в течение сейсмического воздействия регулируется характеристиками трения и конфигурацией первичной поверхности скольжения. (См. А.2.1 приложения А ЕН 1337-7:2004).

Верхнее и нижнее предельные значения динамического коэффициента трения должны использоваться для проектирования и проверки сейсмоизолятора, а также для динамического расчета сооружения.

8.3.3.5 Опорные плиты

Опорные плиты должны быть спроектированы и проверены в соответствии с подразделом 6.9 ЕН 1337-2:2004 посредством изменения уравнения (6) для использованных антифрикционных материалов.

Опорные плиты должны быть изготовлены из сплошного материала, без облегчающих полостей и ребер.

8.3.3.6 Открытый шов в поверхностях скольжения

Примечание 1 — Открытый шов в поверхностях скольжения может привести к износу вследствие загрязнения и увеличенной деформации опорного антифрикционного материала, а также к дефектному образованию полостей в последнем. Так как это может ухудшить долгосрочную пригодность к эксплуатации, условие $\sigma_p = 0$ (где σ_p — контактное давление) рассматривается как предельное состояние по эксплуатационной пригодности.

Должно быть подтверждено, что $\sigma_p \geq 0$ при всех комбинациях нагрузок в предельном состоянии по эксплуатационной пригодности. Для этого подтверждения антифрикционный материал должен предполагаться линейно упругим, а опорные плиты предполагаются жесткими.

Для сферических поверхностей скольжения с углом между двумя направлениями $2\theta \leq 60°$, условие $\sigma_p \geq 0$ выполнено в предельном состоянии по эксплуатационной пригодности, если общий эксцентриситет e_t удовлетворяет условию

$$e_t \leq \frac{L}{8}, \tag{27}$$

где L — диаметр площади проекции.

Примечание 2 — Метод для расчета эксцентриситета в сферических поверхностях описан в приложении А ЕН 1337-7:2004.

Для сферических поверхностей скольжения с углом между двумя направлениями $2\theta > 60°$, подтверждение условия $\sigma_p \geq 0$ должно проводиться с использованием подходящих методов расчета, таких как упрощенный метод, приведенный в приложении I, или метод конечных элементов.

8.3.4 Испытания

8.3.4.1 Первичные испытания

8.3.4.1.1 Общие положения

Для подтверждения общих рабочих характеристик, установленных в 8.3.1.2, испытания должны проводиться на маятниковых скользящих опорах и образцах элементов скольжения.

Примечание 1 — Программа испытания включает в себя подачу значительного количества общей энергии в маятниковую скользящую опору. Следовательно, внимание требуется при выполнении программы испытания, для того чтобы гарантировать, что любые испытания, выполненные при быстрой последовательности, не будут чрезмерно нагревать сейсмоизолятор. Чтобы контролировать сейсмоизолятор, необходимо, чтобы температура в центре первичной поверхности скольжения контролировалась и фиксировалась в отчете. Рекомендуется разделить программу испытания на группы испытаний. После выполнения одной группы разрешается, чтобы сейсмоизолятор был охлажден до температуры, установленной производителем, перед выполнением последующей группы испытаний.

Примечание 2 — Испытания, приведенные в настоящем пункте, могут быть исполнены в порядке, отличном от указанного.

Испытания должны быть объединены в группы в соответствии с критерием, что общая подача энергии в маятниковую скользящую опору в каждой группе испытаний не превышает 1,5-кратную энергию, поглощенную сейсмоизолятором в процессе проектного землетрясения.

Если для корректного выполнения испытания требуются входные или выходные циклы, соответствующая подача энергии должна учитываться в расчете.

Испытания должны выполняться при температуре (23 ± 5) °С, если любая другая температура не установлена в 8.3.4 или инженером — проектировщиком строительных конструкций.

Экспериментальные результаты, полученные из испытаний на идентичных опорах (эталонные устройства), которые удовлетворяют всем требованиям этого пункта, могут быть использованы для новых предоставленных устройств при условии:

1) расчетные перемещения нового устройства находятся в пределах ± 20 % эталонного расчетного значения;

2) несущая способность нового устройства находится в пределах ± 20 % эталонного расчетного значения;

3) расчетные коэффициенты трения для новых и эталонных устройств совпадают;

4) основные материалы для элементов скольжения для новых и эталонных устройств совпадают;

5) радиус кривизны главной и вторичной поверхности скольжения нового устройства находится в пределах ± 20 % эталонного расчетного значения.

Перед выполнением данных испытаний сейсмоизолятор должен быть подвержен предварительному нагружению 10 мин с осевой нагрузкой, равной несейсмической расчетной нагрузке N_{Sd}. В конце времени предварительного нагружения толщина антифрикционного материала должна быть измерена в восьми симметрично расположенных точках как первичной, так и вторичной поверхности скольжения, с использованием толщиномера с неопределенностью измерений 0,05 мм. Настоящая совокупность значений должна использоваться в качестве эталонного значения для дальнейших проверок.

Примечание 1 — По соображениям безопасности измерение толщины могут проводиться посредством электронных датчиков или заменены измерениями на ненагруженных устройствах, если доступны надлежащие правила преобразования результатов для нагруженного состояния.

Примечание 2 — Если антифрикционный материал углублен в опорную плиту, толщина антифрикционного материала соответствует выступу листа антифрикционного материала из его углубления.

8.3.4.1.2 Несущая способность

Примечание — Целью этого испытания является определение способности маятниковых скользящих опор к перегрузке.

График нагружения при испытании должен быть следующим: в недеформированном состоянии прилагается нагрузка, равная 2 N_{Sd} (см. 8.3.1.2.2), и поддерживается постоянной на протяжении 1 мин. Кривая зависимости «вертикальная нагрузка — деформация» должна непрерывно регистрироваться.

8.3.4.1.3 Сила сопротивление трения при условиях эксплуатации

Примечание — Целью этих испытаний является определение максимальной боковой силы, вырабатываемой сейсмоизолятором в условиях эксплуатации.

График нагружения: в недеформированном состоянии прилагается вертикальная нагрузка, равная несейсмической расчетной нагрузке N_{Sd}, и поддерживается постоянной на протяжении 30 мин, затем прилагается скорость скольжения $v \leq 0{,}1$ мм/с на протяжении 1 мин. Кривая зависимости «горизонтальная нагрузка — перемещение» должна непрерывно регистрироваться.

8.3.4.1.4 Статический коэффициент трения

Примечание 1 — Настоящий пункт описывает метод для определения статического коэффициента трения образцов материала, а также износостойкости первичной вогнутой поверхности скольжения, когда не используется смазка. Принципы подтверждения, термины и определения, а также испытательное оборудование и образцы приведены в приложении D EH 1337-2:2004.

Долговременное испытание трения скольжения должно проводиться в соответствии с программой, указанной в таблице 13, а также при следующих условиях.

Таблица 13 — Программа долговременного испытания трения скольжения

Номер фазы	1	2	3	4	5
Тип	A	B	A	C	D
Суммарная величина хода	22 м	s_t	22 м	22 м	22 м

Испытуемый образец: Сопряженный материал и антифрикционный материал согласно ЕН 1337-2:2004.

Диаметр образца антифрикционного материала L = 75 мм.

В фазах A, C и D статический коэффициент трения должен измеряться при различных уровнях температуры, указанных в таблице 14 и на рисунке 5.

Если минимальная температура T_{min} для предполагаемого использования понижена до минус 50 °С, диапазон температуры в температурном программном испытании должен быть увеличен, как показано на рисунке 6. Если минимальная температура T_{min} для предполагаемого использования выше, чем температура некоторых этапов температурного программного испытания, на протяжении этих этапов температура должна поддерживаться постоянной и равной T_{min}.

Примечание 2 — T_{min} — самая низкая вероятная эксплуатационная температура, и она не соответствует T_L.

Таблица 14 — Условия испытания трения скольжения

Тип A (фазы 1 и 3), C (фаза 4), D (фаза 5) ... Температура — Программа — Испытание			
Контактное давление смазанного специального антифрикционного материала	σ_p	Тип A: 0,33 $f_{k\,0}^{+3}$ Тип C: 0,17 $f_{k\,0}^{+3}$ Тип D: 0,08 $f_{k\,0}^{+3}$	МПа
Температура	T	0/–10/–20/–35/+35/+21 (±1)	°C
Градиент температуры		0,5 ± 1,0	°C/мин
Время предварительной нагрузки	t_{pl}	1	ч
Величина хода	s_A	10_{0}^{+5}	мм
Время покоя в конце хода	t_0	12 ± 1	с
Количество циклов (двойной ход)	n	1100	
Скорость скольжения	v	$0{,}4_{0}^{+0{,}1}$	мм/с
Время покоя между фазами	t_i	1	ч
Тип B (фаза 2)			
Контактное давление смазанного специального антифрикционного материала	σ_p	$0{,}33 f_{k\,0}^{+3}$	МПа
Температура	T	21 ± 1	°C
Градиент температуры		0,5 ± 1,0	°C/мин
Величина хода	s_B	$8_{0}^{+0{,}5}$	мм
Число циклов (двойной ход)	n	$n = \frac{s_t}{2 s_B}$	
Скорость скольжения	v_a	≥ 2	мм/с

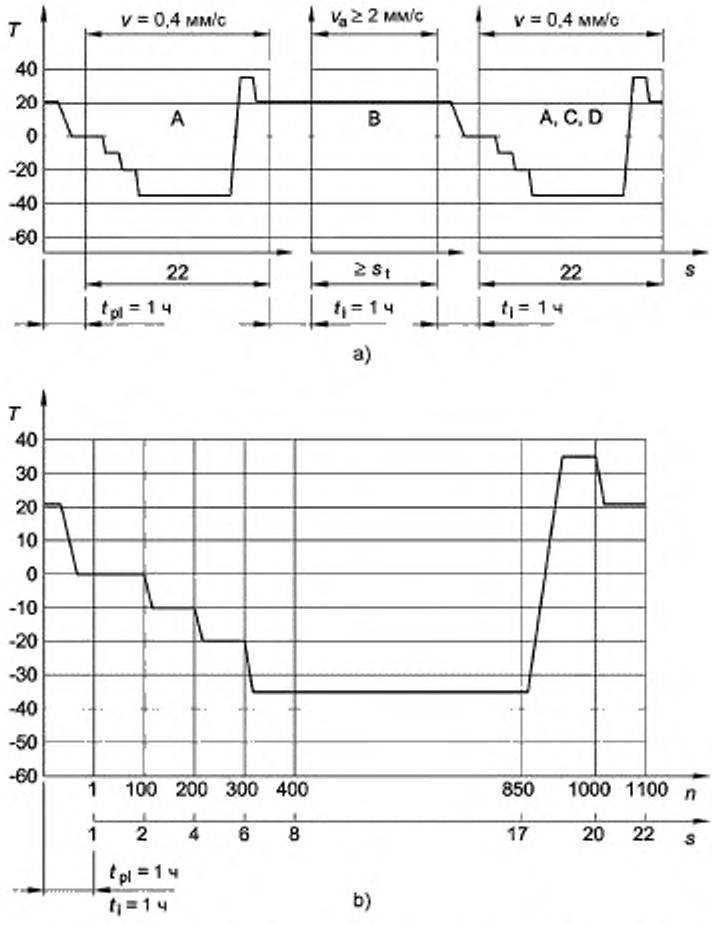


Рисунок 5 — Температурная кривая долговременного испытания трения скольжения

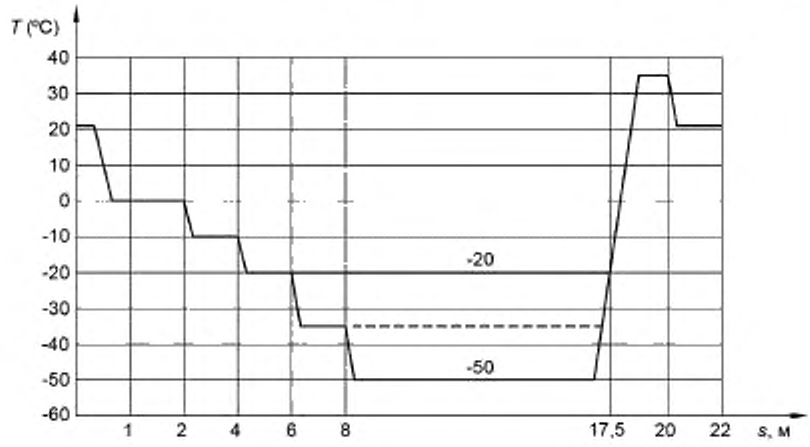


Рисунок 6 — Пример температурной программы долговременного испытания трения скольжения для T_{min} = – 50 °C и T_{min} = – 20 °C

8.3.4.1.5 Испытания скользящей сейсмоизоляции

Примечание 1 — Целью этих испытаний является проверка динамического поведения маятниковых скользящих опор в показателях сопротивления трения (или коэффициента трения), демпфирования, так же как и стабильности при повторяющейся цикличности перемещения.

Испытание скользящей сейсмоизоляции должно проводиться в соответствии с матрицей испытания, приведенной в таблице 15.

Примечание 2 — Для антифрикционных материалов, используемых в опорах, отношения между коэффициентом трения μ и напряжением сжатия σ_p описываются с помощью выражения:

$$\mu = f(\sigma_p). \tag{28}$$

Следующее выражение может использоваться в качестве примера для термопластичных материалов

$$\mu = \frac{C}{\sqrt{\sigma_p}}, \tag{29}$$

где C — константа.

Эта функция зависит от типа используемого антифрикционного материала, шероховатости сопряженной поверхности, температуры, скорости и т. д. Инженер — проектировщик строительных конструкций должен принимать во внимании эти параметры при установлении значения для коэффициента трения при различных условиях нагружения.

Диаграмма горизонтальной петли гистерезиса зависимости «горизонтальная сила — перемещение» должна фиксироваться непрерывно для каждого цикла.

Перемещение должно быть синусоидальным, для такого типа кривых действительна функция $d(t) = d \sin(2\pi f_o t)$.

Частота f_o, Гц, в соответствии с отклонением d_x, мм, для каждого типа испытания должна быть выбрана таким образом, чтобы пиковая скорость $v_o = 2\pi \cdot f_o \cdot d_x$, мм/с, была равна установленному значению v_{Ed}.

Динамический коэффициент трения μ_{dyn} определяют следующим образом:

a) если измерения проводят для первого цикла:

$$\mu_{dyn,1} = \frac{A_{h,1}}{4 \cdot N_s \cdot d_x}; \tag{30}$$

b) если расчет проводят для трех циклов.

$$\mu_{dyn,3} = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^{3} \frac{A_{h,i}}{4 \cdot N_s \cdot d_x}, \tag{31}$$

где $A_{h,i}$ — площадь, описанная петлей гистерезиса в i-м цикле, кДж;

N_s — установленное для испытания значение вертикальной осевой нагрузки, кН;

d_x — значение пикового горизонтального перемещения, достигнутого в процессе испытания, м.

Таблица 15 — Матрица испытаний для подтверждения поведения скользящей сейсмоизоляции

Вид испытания	Серия испытаний	Нагрузка на сжатие N_S, кН	Перемещение d_x, м	Пиковая скорость v_o, мм/с	Число полных циклов
Эксплуатационное	S	N_{Sd}	Максимальное не сейсмическое движение	5	20
Контрольной точки	P1	N_{Sd}	$1{,}0d_{bd}$	50	3
Динамическое 1	D1	N_{Sd}	$0{,}25d_{bd}$	v_{Ed}	3
Динамическое 2	D2		$0{,}5d_{bd}$	v_{Ed}	3
Динамическое 3	D3		$1{,}0d_{bd}$	v_{Ed}	3
Целостности покрытия	O	N_{Sd}	$1{,}0d_{bd}$	v_{Ed}	3
Сейсмическое	E	$N_{Ed,max}$ и $N_{Ed,min}$	d_{bd}	v_{Ed}	3
Двунаправленное	B	N_{Sd}	$1{,}0d_{bd}$	v_{Ed}	3
Проверки характеристик	P2	N_{Sd}	$1{,}0d_{bd}$	v_{Ed}	3
Старение	P3	N_{Sd}	$1{,}0d_{bd}$	50	3

Испытание B должно проводиться с одновременным применением синусоидального перемещения в двух перпендикулярных направлениях.

Примечание 3 — Уравнение для получения траектории в форме трилистника является следующим:

$$(x^2 + y^2)^3 = x^2 \cdot y^2. \quad (32)$$

Если испытательное оборудование непригодно для испытания B, испытание может быть завершено после поворота опоры на 90° для изменения траектории перемещения перпендикулярно пройденной траектории из предыдущей части испытания.

Возвратная жесткость должна быть определена посредством наиболее подходящей прямой, установленной методом наименьших квадратов, при этом используют центральные 95 % диапазона циклических изменений перемещения (см. F.4.1).

По одному значению должно быть получено из верхней и нижней части кривой «нагрузка — перемещение» соответственно.

Среднее двух измерений также должно быть рассчитано.

Примечание 4 — Если не установлено иное, возвратная жесткость для одного цикла определяется как среднее значение между верхней и нижней жесткостью.

В конце испытательной программы, как показано в таблице 15, толщина антифрикционного материала должна быть измерена при осевой нагрузке, равной постоянной нагрузке N_{Sd}, толщиномером с неопределенностью измерения 0,05 мм в тех же восьми симметрично расположенных точках, ранее используемых для определения эталонных значений (см. 8.3.4.1.1).

Затем сейсмоизолятор должен быть демонтирован для визуального и инструментального исследования.

8.3.4.1.6 Испытание на старение

Примечание — Целью этих испытаний является подтверждение влияния старения антифрикционных материалов на показатели сопротивления трения путем испытания на ускоренное старение.

Испытание на старение должно проводиться на маятниковой скользящей опоре с комплектом элементов скольжения, предварительно испытанных в соответствии с условиями испытания P1 таблицы 15 для определения изменения динамического коэффициента трения. Применяются требования к испытанию P3, указанные в таблице 15.

До испытания P3 антифрикционный материал должен быть выдержан в течение 14 сут при температуре 70 °C в анаэробных условиях.

После испытания Р3 динамический коэффициент трения должен измениться вследствие старения менее чем на 20 %.

Результат испытания является репрезентативным для всех размеров устройства. Первичное испытание допускается не повторять, если ограничение применимости эталонных значений, полученных согласно 8.3.4.1.1, превышается.

8.3.4.2 Испытания в рамках заводского производственного контроля

8.3.4.2.1 Испытания для подтверждения характеристик

Один полноразмерный элемент из каждой партии изделий должен быть подвергнут испытаниям в рамках заводского производственного контроля, включающим в себя следующие испытания:

a) вертикальная несущая способность (см. 8.3.1.2.2 и 8.3.4.1.2);

b) сила сопротивления трения в условиях эксплуатации (см. 8.3.1.2.5 и 8.3.4.1.3);

c) серия испытаний Р1 (см. 8.3.1.2.6 и 8.3.4.1.5).

Для испытаний в рамках заводского производственного контроля партия произведенных изделий должна быть совокупностью не более чем 20 идентичных элементов. Маятниковые скользящие опоры с различными расчетными значениями движения вследствие несейсмических воздействий рассматриваются идентичными для этой цели, если все прочие расчетные параметры являются одинаковыми.

Если несущая способность элемента превышает 20 % общей нагрузки поддерживаемой конструкции, число единиц продукции подвергающихся испытаниям в рамках заводского производственного контроля, для такой ситуации должно быть удвоено.

Должны применяться такие же требования, что и для первичного испытания.

8.3.4.2.2 Испытание материалов

Испытание исходных материалов и составляющих должно проводиться в соответствии с таблицей 16 ЕН 1337-2:2004 или при наличии других антифрикционных материалов, с эквивалентными положениями в соответствующем техническом свидетельстве.

Примечание — Соответствующее кратковременное испытание трения скольжения может использоваться для оценки соответствия несмазанных материалов в первичных поверхностях скольжения.

8.3.5 Изготовление, сборка и допуски

Примечание — Настоящий пункт описывает допуски на качество работы, сборку и пригонку.

8.3.5.1 Элементы скольжения

Элементы скольжения должны быть закреплены в соответствии с пунктом 7.1.1 ЕН 1337-2:2004 или методами, определенными в соответствующих технических свидетельствах.

Максимальное отклонение Δz от теоретической плоскости или криволинейной поверхности в пределах площади сопряженного скользящего листа не должно превышать $0{,}0003L$ или 0,2 мм, при этом определяющим является большее значение. Работы следует проводить с особой тщательностью для обеспечения того, что лист аустенитной стали полностью контактирует с опорной плитой по площади, которая будет контактировать с антифрикционным материалом.

8.3.5.2 Смазка

После очистки и до сборки лист антифрикционного материала вторичной поверхности скольжения должен быть смазан в соответствии с ЕН 1337-2 таким образом, чтобы все смазочные карманы были заполнены.

Для первичной поверхности скольжения должны предотвращаться любые загрязнения антифрикционного материала смазкой.

8.3.5.3 Опорные плиты

Поверхности опорных плит, находящихся в контакте с антифрикционными материалами или анкерной или фундаментными плитами, должны обрабатываться таким способом, чтобы максимальное отклонение Δz от теоретической криволинейной поверхности не превышало $0{,}0003d$ или 0,2 мм, при этом определяющим является большее значение, где d в данном случае — длина диагонали или диаметр опорной плиты.

8.3.5.4 Сборка

Сборка всех устройств должна проводиться на заводе-поставщике. Должны обеспечиваться подходящие временные монтажные приспособления, чтобы весь элемент в комплекте отправлялся в защитной упаковке как одна упаковочная единица, а повреждения при распаковывании и установке были исключены. Упаковка должна быть подходящей для предотвращения повреждения по причине удара, загрязнения пылью или влажности в процессе транспортирования и хранения. Все устройства должны доставляться готовыми к установке и надлежащим образом маркированными с помощью идентифика-

ционных кодов, как установлено в строительно-технической документации. Устройства должны иметь типовую маркировку и дополнительно маркировку на верхней поверхности для однозначной идентификации расположения установки и ее ориентации. Демонтаж или разборка устройства на строительной площадке без участия производителя не допускаются.

8.3.5.5 Защита от загрязнения и коррозии

Примечание — Общие требования для защиты от коррозии приведены в ЕН 1337-9. Настоящий пункт содержит дополнительные требования к элементам скольжения.

Если лист аустенитной стали прикреплен посредством приклеивания по всей площади или посредством непрерывного углового сварного шва при условии, что площадь, покрытая листом аустенитной стали, не имеет ржавчины и загрязнений, ведущих к образованию ржавчины, никакая дальнейшая обработка опорной плиты за листом аустенитной стали не требуется.

Должны быть обеспечены конструктивные меры во избежание любого возможного влажного загрязнения в случае угловых сварочных швов с трещинами.

Зона опорной плиты за антифрикционным материалом из листов аустенитной стали, прикрепленных с помощью камер, болтов, потайных болтов или заклепок, должна быть защищена однослойным покрытием грунтовки (толщина сухой пленки от 20 до 100 мкм).

Предотвращение загрязнения поверхности скольжения должно обеспечиваться соответствующими устройствами. Такие защитные устройства должны быть легко снимаемыми в целях контроля. Так как твердое хромирование не устойчиво к хлоридам в растворе кислоты или фторидам и может быть повреждено частичками пыли в воздухе, появляющимися в промышленной среде, должны предприниматься специальные меры для защиты поверхностей в этих условиях.

Перед монтажом сопряженные поверхности скольжения должны быть очищены.

В процессе монтажа должны предприниматься меры против загрязнения сопряженных поверхностей скольжения.

8.3.5.6 Контрольная поверхность для установки опоры

Чтобы гарантировать выравнивание опоры в соответствии с ЕН 1337-11, на элементе скольжения должна быть установлена контрольная поверхность или любое другое подходящее устройство. Отклонение контрольной поверхности от параллельности относительно проекции первичной поверхности скольжения не должно превышать 0,001 рад.

Устройства следует устанавливать в соответствии с требованиями ЕН 1337-11.

8.4 Скользящие опоры с плоскими поверхностями

8.4.1 Требования

Элементы скольжения скользящих опор с плоской поверхностью должны соответствовать ЕН 1337-2 или описываться в техническом свидетельстве.

Элементы скольжения должны быть комбинированы с вращающимся элементом в соответствии с ЕН 1337-1.

Примечание 1 — Скользящие опоры с плоской поверхностью могут рассматриваться как предельный случай скользящих опор со сферической поверхностью с радиусом кривизны, $R = \infty$.

Если скользящие опоры с плоской поверхностью дополнительно к рассеиванию энергии используются для передачи вертикальных нагрузок и обеспечения горизонтальной податливости, их элементы скольжения должны соответствовать 8.3.1.

Примечание 2 — Возвратная сила в маятниковых скользящих опорах вследствие их геометрии обеспечивается силой тяжести, в то время как скользящие опоры с плоской поверхностью скольжения не обладают какой-либо способностью к рецентрированию.

Скользящие опоры с плоской поверхностью должны использоваться в сочетании с соответствующими устройствами, которые обеспечивают надлежащую способность к рецентрированию для сейсмических изоляционных систем.

8.4.2 Материалы

Материалы должны соответствовать 8.3.2.

8.4.3 Проектирование

Проектирование должно соответствовать 8.3.3.

8.4.4 Испытание

Испытание должно соответствовать 8.3.4.

8.4.5 Изготовление, сборка и допуски

Изготовление, сборка и допуски должны соответствовать 8.3.5.

9 Комбинации устройств

9.1 Требования

9.1.1 Общие положения

Антисейсмические устройства, включающие в себя сочетание компонентов, должны удовлетворять требованиям, приведенным в разделе 4, если в настоящем пункте не указано иное. Соединение между отдельными компонентами должно допускать все относительные перемещения, поступательное движение и вращения при необходимости.

Верхние и нижние расчетные значения характеристик, о которых идет речь в 4.4.2, должны определяться первичными испытаниями и со следующими типами отклонений:

- разброс в результатах производства, согласованный для испытаний в рамках заводского производственного контроля;
- разброс колебаний температуры, фиксируемых в протоколе при T_U и T_L;
- разброс в наличии старения или срока службы (если для удовлетворения требований инженера — проектировщика строительных конструкций может быть показано, что свойства компонентов подверглись незначительному воздействию химического старения или срока службы).

Примечание 1 — Скользящие опоры с плоской поверхностью часто образуют часть комбинированного устройства. Устройство может состоять из комбинации строительных опор, допускающих скользящие движения в одном или двух направлениях в соответствии с надлежащим стандартом серии ЕН 1337 или эквивалентного технического свидетельства, и одного или нескольких антисейсмических устройств в соответствии с надлежащим разделом настоящего стандарта. Антисейсмические устройства присоединены к компонентам опорной части строительной конструкции так, чтобы в случае землетрясения их активировало последовательное относительное перемещение. Наиболее часто используемые для этой цели строительные опоры являются подшипниками с опорой на цилиндрическую опорную поверхность или сферическими подшипниками с элементами скольжения, соответствующими требованиям ЕН 1337-5, ЕН 1337-7 и ЕН 1337-2 или эквивалентного технического свидетельства, в комбинации с устройством с жестким соединением, линейными устройствами, нелинейными устройствами, вязкостными демпферами или эластомерными изоляторами согласно соответствующему разделу одного из данных стандартов. Также возможно сочетание более чем одного типа антисейсмических устройств.

Примечание 2 — Для комбинации строительной опоры и устройства с жестким соединением см. раздел 5.

9.1.2 Специальные требования

Комбинированные устройства должны удовлетворять требованиям к рабочим характеристикам, установленным инженером — проектировщиком строительных конструкций. Способность комбинированного устройства удовлетворять эти требования должна быть подтверждена испытаниями, проводимыми в соответствии с 9.4. Компоненты комбинированного устройства должны удовлетворять требованиям соответствующих стандартов серии ЕН 1337, эквивалентных европейских технических свидетельств или надлежащего раздела настоящего стандарта.

Для устройства, комбинированного с одним или более предохранителями-ограничителями, требования к рабочим характеристикам должны охватывать способность устройства функционировать надлежащим образом при условиях несейсмической эксплуатационной нагрузки, без влияния на функционирование со стороны ограничителей. При необходимости все ограничители должны выходить из строя при предполагаемой нагрузке или условии перемещения.

9.2 Материалы

Материалы, используемые в производстве комбинированного устройства, должны удовлетворять требованиям для отдельных компонентов, приведенным в соответствующих стандартах серии ЕН 1337, эквивалентных технических свидетельствах или надлежащего раздела настоящего стандарта.

9.3 Проектирование

Компоненты комбинированного устройства должны быть спроектированы согласно требованиям соответствующих стандартах серии ЕН 1337, эквивалентных технических свидетельств или надлежащего раздела настоящего стандарта.

В определении нагрузок и перемещений, прилагаемых к отдельным компонентам, следует принимать в расчет любые взаимодействия между компонентами.

Связи между подвижными и неподвижными компонентами устройства должны допускать все относительные движения, увеличенные посредством коэффициента надежности γ_x, и должны быть спроектированы для передачи расчетных нагрузок, соответствующих смещению, увеличенному на этот же коэффициент γ_x. Минимальное значение γ_x должно соответствовать компоненту, требующему наибольшее значение.

9.4 Испытание

9.4.1 Общие положения

Испытания должны проводиться при температуре (23 ± 5) °С, за исключением случаев, когда испытание заключается в установлении воздействия изменяющейся температуры.

Испытания должны проводиться в масштабе 1:1, за исключением случаев, которые по согласованию с инженером — проектировщиком строительных конструкций считаются маловероятными. Если первичные испытания комплектного устройства проводятся не в масштабе 1:1, испытания каждого компонента должны проводиться в масштабе 1:1. Компоненты комбинированного устройства должны быть испытаны согласно требованиям соответствующих стандартов серии ЕН 1337, эквивалентных технических свидетельств или надлежащего раздела настоящего стандарта.

9.4.2 Первичное испытание

Первичные испытания для каждой конструкции комбинированного устройства должны проводиться для подтверждения выполнения требований, определенных в 9.1.2, и, о возможности, установления верхних и нижних расчетных значений характеристик. Испытания для установления перемещения или допускаемой нагрузки устройства должны использовать крепления такого же типа, как у оборудования, используемого в фиксации устройства к защищаемому сооружению, и изготовляться из подобных материалов.

Первичные испытания могут проводиться на единственном устройстве.

Первичные испытания на комбинированном устройстве должны быть такими, чтобы они подтверждали и характеризовали свойства каждого компонента устройства в той же степени, что и первичные испытания, требуемые для каждого компонента, как установлено в соответствующих стандартах серии ЕН 1337, эквивалентных технических свидетельствах или надлежащих разделах настоящего стандарта. Испытания также должны показывать, что нет никакого непреднамеренного взаимодействия между компонентами комбинированного устройства, влияющего на их рабочие характеристики как при сейсмических, так и при несейсмических воздействиях.

Первичные испытания, проводимые над отдельными компонентами комбинированного устройства, должны удовлетворять требованиям соответствующих стандартов серии ЕН 1337, эквивалентных технических свидетельств или надлежащих разделов настоящего стандарта.

9.4.3 Испытания в рамках заводского производственного контроля

Испытания в рамках заводского производственного контроля должны проводиться или на комбинированном устройстве, или на индивидуальных компонентах устройства.

Испытания в рамках заводского производственного контроля на комбинированном устройстве должны проводиться в соответствии с испытаниями в рамках заводского производственного контроля каждого компонента устройства. Испытания в рамках заводского производственного контроля, проводимые над отдельными компонентами комбинированного устройства, должны удовлетворять требованиям соответствующих стандартов серии ЕН 1337, эквивалентных европейских технических свидетельств или надлежащих разделов настоящего стандарта.

10 Оценка соответствия

10.1 Общие положения

Соответствие антисейсмического устройства требованиям настоящего стандарта и указанным значениям должно быть подтверждено посредством следующих мер:

- первичного испытания и контроля;
- заводского производственного контроля производителя, включая оценку продукта.

Данная система оценки соответствия также действительна для единичного (несерийного) производства.

10.2 Первичные испытания и контроль

10.2.1 Первичные испытания

Для подтверждения соответствия настоящему стандарту должно проводиться первичное испытание. Ранее проведенные испытания в соответствии с положениями настоящего стандарта (одинаковая продукция, одинаковые характеристики, показатели, метод испытания, метод отбора, система подтверждения соответствия и т. д.) также могут учитываться. Дополнительно первичное испытание должно проводиться в начале производства нового антисейсмического устройства или в начале использования нового метода производства (если это может влиять на установленные свойства).

Комбинированные устройства рассматриваются как соответствующие требованиям настоящего стандарта, если отдельные компоненты устройства имеют маркировку CE.

Все характеристики, определенные в соответствующем разделе для разных типов устройств, как подробно показано в разделах 5—9 и в таблицах 16—21, должны подвергаться первоначальному первичному испытанию.

Сертификаты, содержащие свойства материала, установленные в 5.2.2, 5.3.2, 6.3, 6.4.2, 7.2, 8.2.2, 8.2.4.2.2, 8.2.4.3.2, 8.3.2, 9.2, должны быть индивидуально изучены в процессе первичного контроля и должны сохраняться производителем антисейсмического устройства.

Первичное испытание должно дополняться надлежащими расчетами из разделов конструктивных требований индивидуального типа устройства для оценки окончательных рабочих характеристик антисейсмического устройства.

Для комбинированных устройств объем первичного контроля должен быть таким, чтобы контроль для каждого компонента в комбинированном устройстве был эквивалентен контролю, установленному для компонента в соответствующей таблице настоящего раздела, раздела по оценке соответствия подходящего стандарта или эквивалентного технического свидетельства. Отдельные компоненты комбинированного устройства получают маркировку на основе первичного испытания каждого компонента. Контроль и испытание комбинированного устройства также должны соответствовать 9.4.2.

10.2.2 Другие первичные испытания

При каждом изменении принципов проектирования антисейсмического устройства для нагрузки в случае землетрясения, исходном материале или процессе производства, которое может изменить допустимые пределы или требования соответствующих разделов 5—9 для одной или нескольких характеристик, первичное испытание для затрагиваемых характеристик должно проводиться повторно.

Первичные испытания также требуются:

- для оценки новых устройств;
- оценки существующих устройств при изменении материалов;
- оценки существующих устройств за пределами диапазонов использования, которые оценивались прежде, как установлено в соответствующих разделах настоящего стандарта.

Все механические характеристики устройств, необходимые при проектировании для планируемого срока службы, вместе с их диапазонами изменений по причинам, приведенным в 4.4.1, должны определяться первичными испытаниями. Для этих испытаний требуются устройства в масштабе 1:1, если в соответствующих разделах настоящего стандарта не установлено иное. Эти испытания должны включать в себя, по меньшей мере циклические испытания в условиях использования при проектном землетрясении, если в соответствующих разделах настоящего стандарта не установлено иное. Испытания должны быть выполнены для установления показательных значений характеристик.

Таблица 16 — Устройства с жестким соединением

Типы устройств		Предмет контроля	Контроль в соответствии с пунктом	Периодичность	Заводской производственный контроль
Устройства с постоянным соединением	Первичные испытания и контроль	См. EH 1337-8			5.3.5, 6.4.2.1
	Заводской производственный контроль	См. EH 1337-8			

Окончание таблицы 16

Типы устройств		Предмет контроля	Контроль в соответствии с пунктом	Периодичность	Заводской производственный контроль
Предохранитель-ограничитель	Первичные испытания и контроль	Испытание на эксплуатационную нагрузку	5.2.4.2	1 прототип	5.3.5, 6.4.2.1
		Испытание на усталость	5.2.4.3	1 прототип	
		Разрушающий контроль	5.2.4.4	1 прототип	
	Заводской производственный контроль	Приемочное испытание	5.2.5	100 %	
Устройство с временным (динамическим) соединением	Первичные испытания и контроль	Испытание давлением	5.3.4.2	1 прототип	
		Испытание при низкой скорости	5.3.4.3	1 прототип	
		Испытание на износ уплотнения	5.3.4.4	1 прототип	
		Испытание на ударную нагрузку	5.3.4.5	1 прототип	
		Испытание на перегрузку	5.3.4.6	1 прототип	
		Испытание при циклических нагрузках	5.3.4.7	1 прототип	
	Заводской производственный контроль	Испытание давлением	5.3.4.2	5 %	
		Испытание при низкой скорости	5.3.4.3	5 %	
		Испытание на ударную нагрузку	5.3.4.5	5 %	

Таблица 17 — Устройства, зависящие от перемещения

Типы устройств		Предмет контроля	Контроль в соответствии с пунктом	Периодичность	Заводской производственный контроль
Линейное устройство	Первичные испытания и контроль	Оценка цикла «сила-перемещение»	6.4.4, перечисление a)	1 прототип	6.4.2.1
		Испытание при линейном нарастании нагрузки	6.4.4, перечисление b)	1 прототип	
	Заводской производственный контроль	Оценка цикла «сила-перемещение»	6.4.5	2 %	
		Испытание при линейном нарастании нагрузки	6.4.5	2 %	
Нелинейное устройство	Первичные испытания и контроль	Оценка цикла «сила-перемещение»	6.4.4, перечисление a)	1 прототип	
		Испытание при линейном нарастании нагрузки	6.4.4, перечисление b)	1 прототип	
	Заводской производственный контроль	Оценка цикла «сила-перемещение»	6.4.5	2 %	
		Испытание при линейном нарастании нагрузки	6.4.5	2 %	

Таблица 18 — Устройства, зависящие от скорости

Типы устройств		Испытание	Контроль в соответствии с пунктом	Периодичность
Жидкостно-вязкостный демпфер	Первичные испытания и контроль	Испытание давлением	7.4.2.2	1 прототип
		Испытание при низкой скорости	7.4.2.3	1 прототип
		Испытание основного закона	7.4.2.5	1 прототип
		Испытание эффективности демпфирования	7.4.2.7	1 прототип
		Испытание при циклических ветровых нагрузках	7.4.2.8	1 прототип
		Испытание на износ уплотнения	7.4.2.9	1 прототип
		Проверочное испытание хода	7.4.2.10	1 прототип
	Заводской производственный контроль	Испытание давлением	7.4.2.2	100 %
		Испытание при низкой скорости	7.4.2.3	5 %
		Испытание основного закона	7.4.2.5	5 %
		Испытание эффективности демпфирования	7.4.2.7	5 %
Жидкостно-пружинный демпфер	Первичные испытания и контроль	Испытание давлением	7.4.2.2	1 прототип
		Испытание при низкой скорости	7.4.2.4	1 прототип
		Испытание основного закона	7.4.2.6	1 прототип
		Испытание эффективности демпфирования	7.4.2.7	1 прототип
		Испытание при циклических ветровых нагрузках	7.4.2.8	1 прототип
		Испытание износа уплотнения	7.4.2.9	1 прототип
		Проверочное испытание хода	7.4.2.10	1 прототип
	Заводской производственный контроль	Испытание давлением	7.4.2.2	100 %
		Испытание при низкой скорости	7.4.2.4	5 %
		Испытание основного закона	7.4.2.6	5 %
		Испытание эффективности демпфирования	7.4.2.7	5 %

Таблица 19 — Контроль и испытание эластомерных сейсмоизоляторов

Испытания	Предмет контроля	Контроль в соответствии с пунктом	Периодичность
Первичные испытания и контроль	Вертикальная несущая способность при нулевом боковом смещении	8.2.4.1.5.1, 8.2.4.1.2	2 прототипа
	Жесткость при сжатии	8.2.4.1.5.1, 8.2.4.1.2	2 прототипа
	Горизонтальные характеристики при циклическом нагружении	8.2.4.1.5.2, 8.2.4.1.2	2 прототипа
	Рассеяние горизонтальных характеристик при циклическом нагружении с изменяющейся температурой	8.2.4.1.5.2, 8.2.4.1.2	2 прототипа

Окончание таблицы 19

Испытания	Предмет контроля	Контроль в соответствии с пунктом	Периодичность
Первичные испытания и контроль	Рассеяние горизонтальных характеристик при циклическом нагружении с изменяющейся частотой	8.2.4.1.5.2, 8.2.4.1.2	2 прототипа
	Рассеяние горизонтальных характеристик при циклическом нагружении с повторяющимися циклами	8.2.4.1.5.2, 8.2.4.1.2	2 прототипа
	Рассеяние горизонтальных характеристик при циклическом нагружении вследствие старения	8.2.4.1.5.2, 8.2.4.1.2	2 прототипа
	Несущая способность на сдвиг при максимальных и минимальных вертикальных нагрузках	8.2.4.1.5.3, 8.2.4.1.2	2 прототипа
	Повторяемая нагрузка на сжатие (только для изоляторов для мостов)	ДИН ЕН 1337-3:2005, пункт 4.3.4	Согласно ДИН ЕН 1337-3:2005, таблица 7
	Озоностойкость (только для изоляторов для мостов)	ЕН 1337-3:2005, пункт 4.3.6	Согласно ЕН 1337-3:2005, таблица 7
Заводской производственный контроль	Жесткость при сжатии	8.3.4.1.5.1, 8.2.4.1.2	Согласно 8.2.4.1.4
	Горизонтальные характеристики при циклическом нагружении	8.3.4.1.5.2, 8.2.4.1.2	Согласно 8.2.4.1.4

Таблица 20 — Контроль и испытание сейсмоизоляторов с низким демпфированием для мостов, подвергаемых небольшим сейсмическим воздействиям

Испытания	Предмет контроля	Контроль в соответствии с пунктом	Периодичность
Первичные испытания и контроль	Горизонтальная жесткость при циклическом смещении	8.2.4.1.5.2, 8.2.4.1.2	2 прототипа
	Несущая способность на сдвиг при максимальных и минимальных вертикальных нагрузках	8.2.4.1.5.3, 8.2.4.1.2	2 прототипа
	Характеристики, приведенные в ЕН 1337-3:2005, таблица 7, следует контролировать в соответствии с разделом, определенным в настоящей таблице, с периодичностью, определенной в указанном разделе		
Заводской производственный контроль	Характеристики, приведенные в ЕН 1337-3:2005, таблица 7, которые необходимо контролировать в рамках заводского производственного контроля, контролируют в соответствии с разделом, установленным в настоящей таблице, с периодичностью, установленной в ЕН 1337-3:2005, пункт 8.2.3		

Таблица 21 — Контроль и испытание скользящих опор с криволинейной и плоской поверхностями скольжения

Испытания	Предмет контроля	Контроль в соответствии с пунктом	Периодичность
Первичные испытания и контроль	Вертикальная несущая способность	8.3.4.1.2	2 прототипа
	Сила сопротивления трения в условиях эксплуатации	8.3.4.1.3	2 прототипа
	Испытание скользящей сейсмоизоляции	8.3.4.1.5	2 прототипа
	Испытания согласно EN 1337-2:2004 или соответствующему техническому свидетельству	ЕН 1337-2:2004, таблица 15, план испытаний соответствующего технического свидетельства	1 прототип

Окончание таблицы 21

Испытания	Предмет контроля	Контроль в соответствии с пунктом	Периодичность
Заводской производственный контроль	Вертикальная несущая способность	8.3.4.1.2, 8.3.4.2	5 %
	Сила сопротивления трения в условиях эксплуатации	8.3.4.1.3, 8.3.4.2	5 %
	Программа испытаний Р1	8.3.4.1.5, 8.3.4.2	5 %
	Испытания согласно ЕН 1337-2:2004 или соответствующему техническому свидетельству	ЕН 1337-2:2004, таблица 15, или план испытаний соответствующего технического свидетельства	ЕН 1337-2:2004, таблица 15, или план испытаний соответствующего технического свидетельства

В отчете об испытании должны содержаться следующие данные:

a) идентификация устройств или образцов для испытания (наименование производителя, происхождение и номер партии производства устройства);

b) размеры, форма и конфигурация устройств или образцов;

c) дата, тип испытания, его длительность и любые прочие важные условия испытания;

d) описание испытательного оборудования;

e) полную непрерывную графическую запись результатов испытания, при необходимости;

f) описание состояния устройства или образца для испытания до и после испытания;

g) любые аномальные инциденты, возникающие в процессе испытания;

h) ссылка на то, что испытание было выполнено в соответствии с настоящим стандартом.

Примечание — Рекомендуется включать в отчет об испытании любые подробности проведения испытания, не рассматриваемые в настоящем стандарте, но которые могут быть полезны для проектировщика или владельца сооружения.

10.3 Заводской производственный контроль

10.3.1 Общие положения

Примечание 1 — Система заводского производственного контроля, соответствующая требованиям надлежащего раздела ЕН ИСО 9001:2008* и уточняющая требования настоящего стандарта, рассматривается как выполняющая вышеизложенные требования.

Производитель должен создать и поддерживать систему заводского производственного контроля с соответствующим документооборотом, чтобы обеспечить соответствие изготовленных продуктов указанным характеристикам. Система заводского производственного контроля должна состоять из процедур, регулярных проверок и испытаний и/или оценок и использования результатов, например, для контроля сырья и прочих входящих материалов или компонентов, оборудования, процесса производства и продукции.

Производитель должен нести ответственность за организацию эффективной реализации системы заводского производственного контроля. Задачи и ответственность по организации производственного контроля должны документироваться, и эта документация должна поддерживаться в актуальном состоянии. На каждом заводе производитель может передать определенные действия лицу, имеющему необходимые полномочия для:

a) установления процедур для подтверждения соответствия продукции на соответствующих этапах;

b) распознавания и записи каждого отдельного случая несоответствия;

c) установления процедур для корректировки каждого отдельного случая несоответствия.

Производитель должен составлять и актуализировать документы, устанавливающие процедуру заводского производственного контроля, которую он применяет. Документация производителя и процедуры должны быть пригодными для продукции и процесса производства. Все системы заводского производственного контроля должны достигать соответствующего доверительного уровня при соответствии изделия, включает в себя:

* Отменен. Действует ЕН ИСО 9001:2015.

a) подготовку документированных процедур и инструкций, относящихся к операциям заводского производственного контроля, в соответствии с требованиями относящихся к изделию технических спецификаций,

b) эффективное внедрение этих процедур и инструкций;

c) запись этих операций и их результатов;

d) использование этих результатов для корректировки любых отклонений, устранения воздействий подобных отклонений, обработку любых итоговых отдельных случаев несоответствия и, при необходимости, внесения изменений в процедуру заводского производственного контроля для устранения причины несоответствия.

Процедуры заводского производственного контроля должны включать в себя некоторые или все следующие операции:

e) проверку сырья и компонентов;

f) контроль и испытания должны проводиться в процессе производства в соответствии с установленной периодичностью;

g) проверки и испытания должны проводиться на готовых изделиях в соответствии с периодичностью, которая может быть установлена в технических спецификациях и согласована с характеристиками продукции и условиями ее производства.

Примечание 2 — Операции перечисления b) нацелены как на переходные состояния продукции, так и на производственное оборудование и его регулирование, оснащение и т. д. Эти контрольные мероприятия и испытания, а также их периодичность выбираются на основании типа продукции и состава, процесса производства и его сложности, чувствительности характеристик продукции к изменениям в производственных параметрах и т. д.

Производитель должен иметь оборудование, оснащение и персонал, которые дают ему полномочия проводить необходимые проверки и испытания. Производитель, как и его уполномоченный, может удовлетворить это требование посредством заключения субконтрактного соглашения с одной или несколькими организациями или лицами, обладающими необходимыми навыками и оборудованием.

Производитель несет ответственность за калибровку, поверку и поддержание контрольно-измерительного, измерительного и испытательного оборудования в хорошем рабочем состоянии, независимо от того, принадлежит это оборудование ему или нет, с точки зрения подтверждения соответствия продукции производителя технической спецификации. Оборудование должно использоваться в соответствии со спецификацией или эталонной системой испытания, к которой относятся требования.

Примечание 3 — При необходимости проводится контроль соответствия промежуточных состояний продукции на основных этапах ее производства. Этот контроль соответствия фокусируется на продукции на всем протяжении процесса производства, направляется по назначению исключительно продукция, прошедшая запланированные промежуточные контрольные операции и испытания.

Результаты контрольных операций, испытаний или оценок, требующие принятия мер, и любые предпринятые меры должны быть записаны. Меры, которые следует предпринять при несоответствии контрольных значений или критериев, также должны быть записаны.

Объем и периодичность заводского производственного контроля производителем должны соответствовать таблицам 16—21. Дополнительно посредством проверки сертификатов и сопроводительной документации на материалы, как установлено в таблицах 22—26, следует контролировать, что входящие исходные материалы и компоненты соответствуют настоящему стандарту. Для комбинированных устройств объем и периодичность заводского производственного контроля должны быть такими, чтобы контроль и частота выборки для каждого типа компонентов в пределах комбинированного устройства являлись эквивалентными значениям, определенным для компонентов в соответствующей таблице настоящего раздела или раздела по оценке соответствия надлежащего стандарта или эквивалентного технического свидетельства. Контроль и испытание комбинированного устройства также должны соответствовать 9.4.3. Дополнительно следует контролировать, что исходные материалы и составные части для каждого компонента соответствуют настоящему или другому надлежащему стандарту, или эквивалентному техническому свидетельству посредством проверки сертификатов и сопроводительной документации на материалы, как приведено в таблицах 22—26, разделе по оценке соответствия надлежащего стандарта или эквивалентного технического свидетельства.

10.3.2 Исходные материалы и составляющие части

Технические характеристики для всех входящих исходных материалов и составляющих частей должны документироваться в соответствии с планом приемочного контроля для обеспечения их соответствия.

Должно быть проверено соответствие требованиям к продукции, установленным в 5.2.2, 5.3.2, 6.3, 7.2, 8.2.2, 8.3.2, 8.4.2, 9.2 посредством свидетельств о прохождении приемочных испытаний в соответствии с ЕН 10204 до уровня, установленного в таблицах 22—26. При необходимости должно проверяться соответствие требованиям, определенным в 9.2, посредством свидетельств о прохождении приемочных испытаний в соответствии с ЕН 10204 до уровня, установленного в разделе по оценке соответствия других стандартов или эквивалентных технических свидетельств.

Таблица 22 — Специальные испытания исходных материалов и составляющих частей для устройств с жестким соединением

Свидетельство о прохождении приемочных испытаний согласно ЕН 10204	Предмет контроля	Контроль в соответствии с пунктом	Периодичность	Заводской производственный контроль
3.1	Черные металлы	Свидетельство о прохождении приемочных испытаний на основании действующих стандартов	Каждая партия	5.2.5, 5.3.4.8
	Вязкая жидкость	Свидетельство о прохождении приемочных испытаний на основании действующих стандартов		
	Покрытие	Свидетельство о прохождении приемочных испытаний на основании действующих стандартов		
	Другие материалы	Свидетельство о прохождении приемочных испытаний на основании действующих стандартов		

Таблица 23 — Специальные испытания исходных материалов и составляющих частей для устройств, зависящих от скорости

Свидетельство о прохождении приемочных испытаний согласно ЕН 10204	Предмет контроля	Контроль в соответствии с пунктом	Периодичность	Заводской производственный контроль
3.1	Черные металлы	Свидетельство о прохождении приемочных испытаний на основании действующих стандартов	Каждая партия	7.4.3
	Вязкая жидкость	Свидетельство о прохождении приемочных испытаний на основании действующих стандартов		
	Покрытие	Свидетельство о прохождении приемочных испытаний на основании действующих стандартов		
	Другие материалы	Свидетельство о прохождении приемочных испытаний на основании действующих стандартов		

Таблица 24 — Специальные испытания исходных материалов и составляющих частей для устройств, зависящих от деформации

Свидетельство о прохождении приемочных испытаний согласно ЕН 10204	Предмет контроля	Контроль в соответствии с пунктом	Периодичность	Заводской производственный контроль
3.1	Эластомеры	6.4.3.2	Каждая партия	6.4.5
	Черные металлы	Свидетельство о прохождении приемочных испытаний на основании действующих стандартов		
	Сплавы с памятью формы	Испытания согласно 6.4.3.4		
	Другие материалы	Свидетельство о прохождении приемочных испытаний на основании действующих стандартов		

10.3.3 Оборудование

Все взвешивающее, измерительное и испытательное оборудование должно быть откалибровано и регулярно подвергаться контролю в соответствии с документированными процедурами, периодичностью и критериями.

10.3.4 Отбор образцов

Образцы должны отбираться случайным образом в процессе текущего производства.

11 Установка

Все соответствующие требования, приведенные в EH 1337-11 для опор строительной конструкции, должны также применяться к антисейсмическим устройствам.

Примечание — Рекомендуется чтобы в процессе установки, выполняемой достаточно обученным персоналом, осуществлялась поддержка поставщиком, или работы проводились под его наблюдением.

В частности, производитель устройства должен предоставлять следующую информацию:

a) Детализированный чертеж установки, отражающий все данные и процедуры, требуемые для монтажа (информация должна включать в себя размеры, уровни, наклоны, допуски, качество материала заливки оснований, предварительную регулировку в зависимости от температуры).

b) Допуски на установку: для скользящих опор и эластомерных сейсмоизоляторов допуски должны удовлетворять, по меньшей мере, допускам, приведенным в соответствующих частях EN 1337.

c) Записи, которые должны быть сделаны при установке: записи должны основываться на сходных концепциях с записями, требуемыми для опорной части строительной конструкции, как указано в стандартах серии EH 1337-11.

12 Инспектирование в процессе эксплуатации

12.1 Общие требования

Все основные требования, приведенные в EH 1337-10 для опор строительной конструкции, должны также применяться к антисейсмическим устройствам.

12.2 Регулярный контроль

При регулярном контроле все характеристики, приведенные в EH 1337-10:2003, раздел 5, должны быть проверены со следующим дополнением:

- утечка масла (для динамических устройств с временным соединением, устройств, зависящих от скорости, и всех устройств, использующих жидкости).

Если обнаружена утечка масла, должна проводиться основная проверка.

12.3 Основные проверки

Основная проверка проводится с меньшей частотой, чем регулярная проверка, и обычно заменяет одну из них.

Первая основная проверка должна проводиться в пределах одного года с момента ввода в эксплуатацию конструкции.

Основная проверка должна повторяться после каждого землетрясения, достигающего уровня требований безотказной работы, как определено в перечислении a) 4.1.1.

Специальные проверки для различных типов антисейсмических устройств должны быть установлены производителем. Для скользящих и эластомерных опор специальные проверки должны соответствовать по меньшей мере требованиям, приведенным в EH 1337-10.

Записи, выполняемые при основной проверке, должны быть определены производителем и основываться на концепциях, схожих с записями, требуемыми для опор строительной конструкции, как указано в EH 1337-10.

Таблица 25 — Специальные испытания исходных материалов и составляющих частей для эластомерных сейсмоизоляторов, включая сейсмоизоляторы с низким демпфированием для мостов, подвергаемых небольшим сейсмическим воздействиям

Свидетельство о прохождении приемочных испытаний согласно ЕН 10204	Предмет контроля	Контроль в соответствии с пунктом	Периодичность	Заводской производственный контроль
3.1	Эластомеры с высоким демпфированием	Таблица 9 (за исключением прочности на разрыв по надрезу).	Первичное испытание — однократно.	8.2.4.1.3, 8.2.4.2.3, 8.2.4.3.3
			Заводской производственный контроль — каждая партия.	
		Прочность на разрыв по надрезу (таблица 9).	Первичное испытание — однократно.	
			Заводской производственный контроль — каждая пятая партия.	
		Таблица 12	Первичное испытание — однократно	
	Эластомер с низким демпфированием	Таблица 8 (за исключением прочности на разрыв по надрезу).	Первичное испытание — однократно.	
			Заводской производственный контроль — каждая партия.	
		Прочность на разрыв по надрезу (таблица 8).	Первичное испытание — однократно.	
			Заводской производственный контроль — каждая пятая партия.	
		Таблица 12 (за исключением случаев, когда не требуется вариация демпфирования)	Первичное испытание — однократно	
	Эластомеры с низким демпфированием для сейсмоизоляторов для мостов, подвергаемых небольшим сейсмическим воздействиям	ЕН 1337-3:2005, таблица 1	Первичное испытание — однократно. Заводской производственный контроль согласно ЕН 1337-3:2005, таблица 8	
	Материал полимерного сердечника	8.2.4.3.2	Первичное испытание — однократно	
		8.3.4.3.2	Каждая партия	
	Свинцовые сердечники	8.2.2.3	Каждая партия	
	Стальные листы	ЕН 1337-3:2005, пункт 4.4.3	Каждая партия	

Таблица 26 — Специальные испытания исходных материалов и составляющих частей для скользящих опор с криволинейной и плоской поверхностями скольжения

Свидетельство о прохождении приемочных испытаний согласно ЕН 10204	Предмет контроля	Контроль в соответствии с пунктом	Периодичность	Заводской производственный контроль
3.1 и 3.2	Антифрикционные и сопряженные материалы, смазки и черные металлы для опорных плит	ЕН 1337-2:2004, таблица 16, или соответствующее техническое свидетельство	согласно ЕН 1337-2:2004, таблица 16, или соответствующее техническое свидетельство	8.3.4.2
3.2	Антифрикционные материалы, рассеивающие энергию в первичных поверхностях скольжения	8.3.4.1.4	Первичное испытание — однократно	

Приложение А
(справочное)

Пояснения к разделу 1 «Область применения»

Ослабление реакции строительной конструкции при сейсмических воздействиях может быть достигнуто путем увеличения периода основных колебаний сооружения, изменения формы свободных колебаний, увеличения демпфирования, ограничения сил, передаваемых на строительную конструкцию, и/или введения временных соединений, которые улучшают общую реакцию конструкции при сейсмических воздействиях. Могут исследоваться другие способы изменения реакции.

Существует несколько типов устройств, которые могут быть использованы для этой цели, каждый с различными возможностями расположения в пределах конструкции.

Широко распространенный способ изменения реакции конструкции при сейсмических воздействиях — обеспечение сейсмической изоляции. В этом случае сейсмоизолирующие элементы обычно расположены ниже основной массы конструкции и установлены в пределах сейсмоизолирующего слоя с равномерным распределением. Сейсмоизолирующие элементы могут иметь квазиупругую характеристику для увеличения периода основных колебаний или нелинейную падающую характеристику для ограничения силы, передаваемой на конструкцию.

Уменьшение реакции конструкции может быть также достигнуто посредством демпфирующих устройств, установленных в различных местах конструкции для диссипации энергии.

Установка временных ограничений, активируемых исключительно быстрыми движениями вследствие сейсмических воздействий, также может способствовать значительному улучшению реакции конструкции при сейсмических воздействиях.

Также могут использоваться комбинации устройств различных типов, описанных выше.

Сейсмоизоляторы, используемые для антисейсмических целей, часто служат в качестве строительных опор в несейсмических ситуациях. Поэтому они также должны соответствовать требованиям ЕН 1337-1, ЕН 1337-2, ЕН 1337-3, ЕН 1337-5 и ЕН 1337-7.

Проектирование конструкций, реакция которых уменьшается антисейсмическими устройствами, регулируется еврокодами по проектированию конструкций. В случае конструкций с изолированным фундаментом применяется раздел 10 ЕН 1998-1:2004 с дополнительными требованиями для мостов в ЕН 1998-2.

Настоящий стандарт устанавливает правила для проектирования антисейсмических устройств специально для нагрузки в случае землетрясения. Эти устройства в общем случае должны выдерживать нагрузки без землетрясения; в этих ситуациях антисейсмические устройства регулируются еврокодами и стандартами.

Приложение В
(справочное)

Пояснения к разделу 4 «Общие правила проектирования»

В.1 Срок службы устройства

Срок службы устройства, как установлено в 3.1, указывается застройщиком в технических спецификациях проекта. Цифра основывается на декларациях производителя устройства в качестве части процедуры оценки (см. 4.6) или на специальных условиях проекта, если условия, приведенные в процедуре оценки, не применяются. В этом случае срок службы оценивается исходя из результатов ускоренных испытаний и других проведенных процедур подтверждения. При необходимости срок службы также может учитывать продолжительность эксплуатации конструкции, как указано в описаниях проекта или, при отсутствии подобных описаний, на общих указаниях, приведенных в ЕН 1990. Срок службы устройства может быть меньше, чем продолжительность эксплуатации конструкции.

В.2 Основные требования

Основные требования касаются как конструкции, так и устройств, так как их динамическое поведение и предельные состояния не могут быть полностью разъединены. Основные требования должны быть полностью согласованы с ЕН 1998. Требования и специальные правила для проектирования строительных сооружений приведены в ЕН 1998, в то время как настоящий стандарт охватывает дополнительные требования и специальные правила для проектирования устройств.

Основные требования для конструкции считаются выполненными, если соблюдаются критерии соответствия подразделу 2.2 ЕН 1998-1:2004.

В.3 Классификация по надежности

Согласно соответствующим стандартами серии ЕН 1998 установление различных требований по надежности для различных типов зданий или инженерных сооружений осуществляется посредством классификации конструкций на различные категории важности. Для каждой категории устанавливается коэффициент важности γ_I, который применяется к сейсмическому воздействию. Значения коэффициента γ_I рекомендованы в соответствующих стандартах серии ЕН 1998.

Коэффициент γ_I учтен при определении размеров сечения вследствие сейсмических воздействий на устройства.

В.4 Повышенная надежность

Коэффициент γ_x требуется по ЕН 1998-1:2004 для сейсмоизоляторов, чтобы обеспечить повышенную надежность для систем сейсмоизоляции; его рекомендованное значение составляет 1,2. Национальные уполномоченные органы должны определять соответствующие значения коэффициента, используемого на их поднадзорной территории. В ЕН 1998-2 коэффициент надежности обозначается γ_{IS}, и его рекомендованное значение составляет 1,5.

В случаях, когда не используется система сейсмоизоляции, но применяются антисейсмические устройства, может быть по-прежнему целесообразно повышение надежности системы посредством введения коэффициента γ_x, большего 1; значение зависит от роли устройств в общей стабильности сооружения, типов используемых устройств и будущего использования сооружения. Настоящий стандарт дает дополнительные рекомендации для значений γ_x в соответствии с различными типами устройств (за исключением случая с сейсмоизоляторами, где значения коэффициента γ_x приведены в Еврокоде 8) для помощи национальным уполномоченным органам в их выборе или застройщику, или инженеру — проектировщику строительных конструкций, если не существует никаких требований.

В.5 Требования для предельного состояния по несущей способности

Устройство и его соединения с сооружением должны быть спроектированы таким образом, чтобы для сейсмических воздействий за пределами проектного землетрясения не наступало непосредственного катастрофического отказа или непосредственного изменения свойств, достаточного для нанесения ущерба динамическому поведению конструкции.

После сейсмического воздействия, соответствующего проектному землетрясению, замена устройства должна быть возможной без разрушения или замены конструкции или добавления к конструкции вспомогательных элементов. Тем не менее допускается очень ограниченное разрушение вблизи зон анкеровки (подразумевается приблизительно одного и того же размера). Метод замены должен описываться в проектной документации, как требуется в 4.3.4. Значительные вмешательства, включая большие разрушения и/или замену частей конструкций, или добавление новых структурных элементов, могут быть исследованы после сейсмического воздействия за пределами расчетного уровня.

В.6 Требования для предельного состояния по эксплуатационной пригодности

Нежелательны конструкции, которые сильно реагируют на часто возникающие нагрузки, такие как нагрузки, зависящие от времени или ветра. Следовательно, должны быть предприняты дополнительные меры при использовании системы сейсмоизоляции для обеспечения достаточной боковой жесткости против часто возникающих нагрузок.

В.7 Расчет строительных конструкций

Расчет конструкций в случае землетрясения в принципе рассмотрен в ЕН 1998-1:2004 и ЕН 1998-2.

Проектное землетрясение определено в разделе 3 ЕН 1998-1:2004 с использованием спектра упругих реакций или соответствующих графиков ускорения. Всякий раз, когда применяется коэффициент поведения, используется расчетный спектр.

В соответствии с типами рассматриваемых устройств динамический расчет конструкций проводится либо при использовании спектра реакций, либо при использовании анализа временной диаграммы.

Использование спектра реакции по отношению к эквивалентному линейному поведению регулируется условиями, приведенными в пункте 10.9.2 ЕН 1998-1:2004, в частности относительно ограничения демпфирования. Если эти условия не выполнены, должен использоваться расчет конструкций при использовании анализа временно́й диаграммы. Настоятельно рекомендуется, чтобы анализ временно́й диаграммы проводился при эквивалентном демпфирующем соотношении, относящемся к гистерезисной диссипации энергии, выше 15 %.

Основные характеристики антисейсмического устройства, которые должны быть тщательно оценены для использования в проектировании конструкции — податливость, демпфирование и его способность к самоцентрированию.

Эффекты воздействий на устройства и их соединения с сооружением в сейсмической ситуации определены применением расчета конструкции, как описано в соответствующих стандартах серии ЕН 1998. Для выполнения основных принципов расчета по рабочим характеристикам необходимо принимать во внимание дополнительные требования, которые приведены в соответствующих стандартах серии ЕН 1998.

Воздействия, применяемые к устройствам и их соединениям с сооружением в различных расчетных ситуациях, включая сейсмические ситуации, являются основой для расчетных требований устройств и их соединений с сооружением.

В.8 Характеристики материалов

Подходящий выбор парных значений характеристик (верхнее расчетное значение характеристики и нижнее расчетное значение характеристики) может привести только к двум предельным случаям расчета конструкций.

Для расчета устройств необходимо учитывать, что в соответствии с ЕН 1990 коэффициент надежности γ_m должен применяться к конструктивной прочности материала и/или наибольшей деформации. γ_m относится к распределению прочности с точки зрения вероятности и зависит от используемого материала. В случаях, когда аналитическая проверка устройства не выполняется, так как все материалы проверены по отдельности (например, в случаях, когда проверка основывается на испытании достаточного числа образцов), сходный коэффициент γ может применяться для сопротивления устройства, в качестве целого или его части. В таком случае к γ применяются различные индексы (например, γ_b для целого устройства).

В.9 Способность к рецентрированию

Целью требования по способности к рецентрированию является не столько ограничение остаточного перемещения в конце сейсмического явления, но вместе с тем предотвращение накопления перемещений в процессе рецентрирования, как указано на рисунках В.1 и В.2.

Требование по способности к рецентрированию необходимо для учета непредсказуемых противодействующих факторов, таких как скользящие опоры, установленные с отклонением от заданного положения.

Рецентрирование приобретает особенную значимость в сооружениях, расположенных в непосредственной близости к геологическим областям, где ожидаются землетрясения, характеризующиеся высокоассиметричной динамикой изменений (эффект ближней зоны или эффект резкого движения).

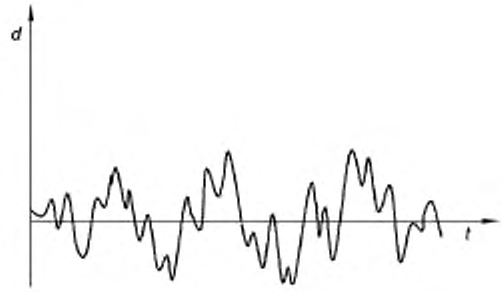


Рисунок В.1 — Система сейсмической изоляции с достаточной способностью к рецентрированию

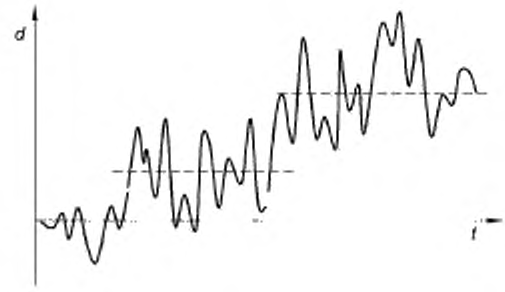


Рисунок В.2 — Система сейсмической изоляции со слабо выраженной способностью к рецентрированию

Среди четырех основных функций системы сейсмической изоляции диссипация энергии и способность к рецентрированию являются двумя противоположными функциями, и их относительная важность зависит непосредственно от рассматриваемого случая.

Условия, приведенные в 4.4.3, основываются на рассмотрении энергии и, таким образом, очень хорошо сочетаются с естественными свойствами рассматриваемого явления (землетрясение). Предлагаемое условие подтверждения может быть легко преобразовано в уравнение или расчетные критерии для каждого типа сейсмоизолятора или системы сейсмоизоляции.

Следует отметить, что способность к рецентрированию является характеристикой общей системы сейсмоизоляции, а не обязательно каждого ее компонента (например, единственный сейсмоизолятор). Расчет реверсивно накопленной энергии E_s должен учитывать также те элементы конструкции, которые влияют на ее реакцию, такие как опора моста удлиненной формы, жестко соединенная с настилом, которая испытывает деформацию изгиба в процессе сейсмического явления. В этом случае опора моста действует как пружина и, таким образом, может рассматриваться для всех практических целей как дополнительное рецентрирующее устройство. Второй пример конструктивных элементов, которые воздействуют на реакцию конструкции — подвесные части пролетов висячих мостов. В этом случае накопленная энергия является потенциальной.

Предлагаемый критерий показал себя пригодным к предварительному определению характеристик системы сейсмоизоляции перед выполнением итеративного нелинейного анализа. Последний все еще представляет наиболее действенный метод проверки способности к рецентрированию системы сейсмоизоляции, так как он допускает количественное определение остаточного перемещения, так же как и выявление роста любых совокупных перемещений в процессе сейсмического явления.

Приложение С
(справочное)

Пояснения к разделу 5 «Устройства с жестким соединением»

С.1 Функциональные требования

Устройство с временным соединением полностью определено, если инженер — проектировщик строительных конструкций устанавливает следующие расчетные значения:

- расчетная сила, кН;
- скорость активации (блокировки), мм/с;
- максимальное сопротивление при медленном движении, сила влечения жидкости, кН;
- установленная скорость влечения, мм/с;
- максимальная длина хода поршня, ± мм;
- уменьшенная под действием температуры длина хода поршня, ± мм;
- допуски;
- угол вращения, ± град;
- диапазон рабочей температуры,

при этом максимальная длина хода включает в себя перемещения по причине любого медленно возникающего эффекта (температура, ползучесть и усадка) и динамические эффекты, а также дополнительную регулировочную длину (при необходимости).

Скорость активации должна оцениваться как приблизительно 1 % максимальной относительной скорости, ожидаемой на концах.

Первое требование гарантирует, что сила, развиваемая элементом при скорости, равной или меньшей, чем скорость активации, должна быть по меньшей мере равной расчетной силе по всему диапазону окружающей температуры.

Второе требование гарантирует, что если устройство подвержено медленно действующим относительным движениям на его концах, таким как термическое расширение/сжатие, его реакция не превышает максимальную расчетную силу влечения жидкости по всему диапазону окружающей температуры.

Целью этих требований является предотвращение воздействия усталостной нагрузки на элементы конструкции.

Третье требование предназначается для подтверждения того, что всякий раз, когда устройство с временным соединением должно быть подвержено несейсмической ударной нагрузке, такой как тормозные усилия для устройств, установленных на мостах, дополнительная оценка рабочих характеристик должна будет проводиться с учетом силы, скорости, жесткости и числа циклов нагружения.

С.2 Характеристики материалов

Силиконовые масла обеспечивают очень стабильные реологические характеристики. В очень редких случаях, когда частота колебаний конструкции может вызывать сильный износ уплотнительных прокладок и/или в элементах большого размера, когда может ожидаться явление скачкообразного движения, вызванное весом и гибкостью самого элемента, может использоваться смазывающая способность масел на углеводородной основе. Их применение допускается при утверждении инженером — проектировщиком строительных конструкций.

С.3 Требования к проектированию

Предлагаемые частные коэффициенты надежности являются взаимосвязанными с периодом повторяемости землетрясения.

Каждый раз, если в устройстве с временным соединением, оборудованным системой защиты от перегрузки, такой как обратные клапаны, действующие для ограничения возрастания давления в устройстве, расчетное условие превышено, может быть использован более низкий коэффициент надежности.

Наиболее вредным ускорением, действующим на устройство, за исключением направленного по оси, является вертикальное ускорение. Фактически уплотнительная система и само устройство должны проектироваться для выдерживания воздействия собственного веса устройства с временным соединением плюс вертикальное ускорение.

Соединения между устройством с временным соединением и сооружением должны проектироваться для выдерживания силы, равной $1{,}1\ \gamma_{Rd}\ F_{UB}$ или $1{,}5\ \gamma_{Rd}\ F_{UB}$, где $\gamma_{Rd} = 1{,}1$.

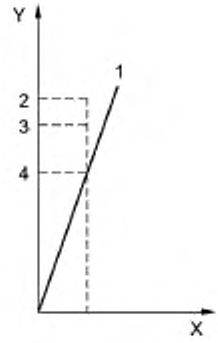
Компоненты устройства с временным соединением должны проектироваться для выдерживания силы, равной $\gamma_{Rd}\ F_{UB}$ или $1{,}5\ \gamma_{Rd}\ F_{UB}$.

С.4 Испытание

С.4.1 Общие положения

Устройства с временным соединением обеспечивают ожидаемые характеристики и реакции по всему диапазону рабочей температуры.

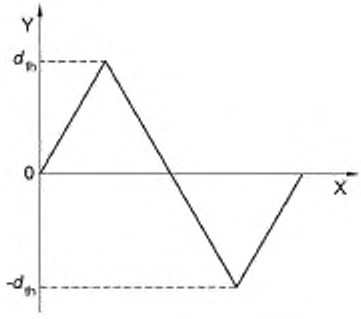
При рассмотрении доступных технологий наиболее сложные вопросы относятся к силе воздействия, вырабатываемой устройством с временным соединением при самой низкой ожидаемой температуре (потому что вязкость жидкости возрастает с уменьшением температуры), и расчетной жесткости при наивысшей ожидаемой температуре (при которой вязкость жидкости уменьшается до минимума).



X — перемещение; Y — сила:
1 — график номинального значения; *2* — 1,1 $\gamma_{Rd} F_{UB}$ или 1,5 $\gamma_{Rd} F_{UB}$; *3* — 1,1 F_{UB} или 1,5 F_{UB}; *4* — F_{UB}

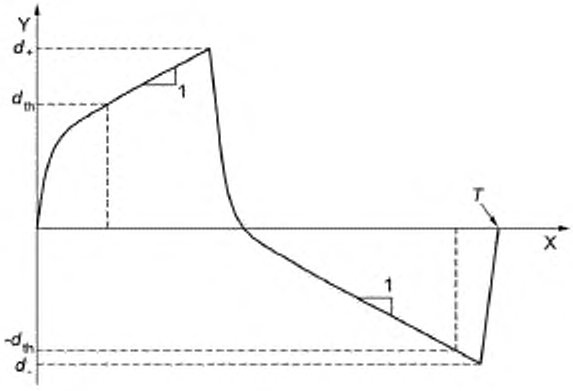
Рисунок С.1 — Подтверждение прочности

С.4.2 Испытание при низкой скорости



X — время, с; Y — перемещение, мм

Рисунок С.2 — График нагружения для испытания при низкой скорости



X — время, с; Y — перемещение, мм;
1 — установленная скорость воздействия, мм/с

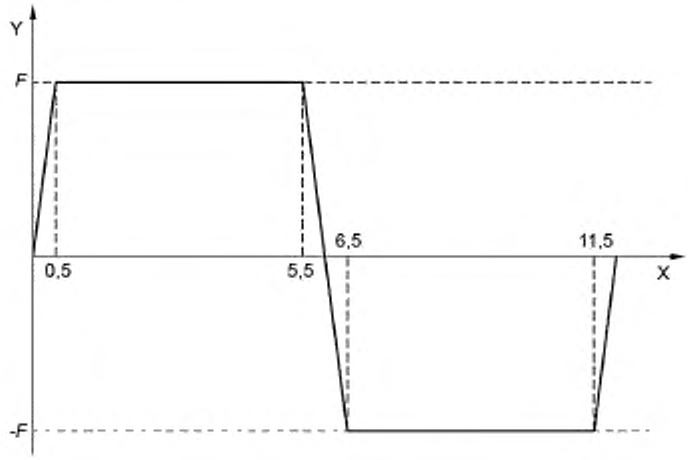
Рисунок С.3 — Типовой график «перемещение—время» для испытания с регулирующей силой

С.4.3 Испытание на износ уплотнения

От устройства с временным соединением обычно требуется функционирование в процессе землетрясения, при этом в течение многих лет оно воспринимает исключительно движения, вызванные изменением температуры. К моменту землетрясения система уплотнения должна гарантировать безупречное функционирование даже после долгого периода «покоя». Износ уплотнения не должен приводить к отказу всей конструкции.

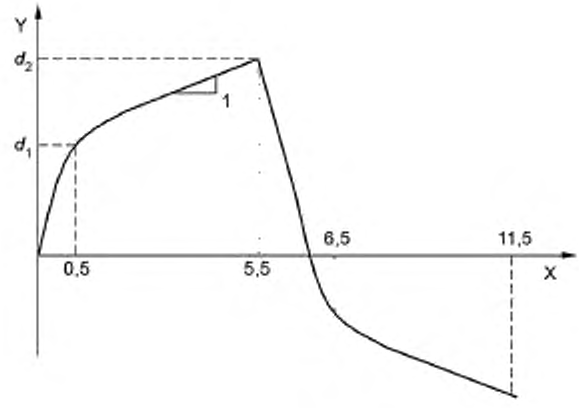
С.4.4 Испытание на ударную нагрузку

Время 0,5 с требуется для достижения максимальной силы, нацеленной исключительно на обеспечение ударного эффекта на устройство с временным соединением. С точки зрения испытания такое время нагружения в общем случае может быть с легкостью достигнуто. Устройства с временным соединением, отличающиеся исключительными нагрузками и длинами хода, могут испытываться с более долгим временем нагружения.



X — время, с; Y — сила, кН

Рисунок С.4 — График нагружения для испытаний на ударную нагрузку



X — время, с, Y — перемещение, мм,
1 — скорость активации

Рисунок С.5 — Типовой график «перемещение—время» для испытания на ударную нагрузку

С.4.5 Испытание на перегрузку

Целью испытания является проверка поведения устройства с временным соединением в случае превышения расчетной нагрузки.

Устройство с временным соединением работает как динамически активированный пружинный элемент, таким образом, всякий раз, когда фактическое землетрясение превышает расчетный уровень, результирующая сила, передающаяся через устройство, может превышать расчетную силу. Если устройство с временным соединением соединено с пластичными элементами, передаваемое усилие ограничивается текучестью подобных элементов. Каждый раз, когда определенный уровень силы является критическим для предельных рабочих характеристик сооружения, инженер — проектировщик строительных конструкций может предписывать использование разгрузочных клапанов для ограничения максимальной силы, передаваемой через элемент.

С.4.6 Испытание при циклических нагрузках

Целью испытания является оценка надежности поведения в процессе землетрясения. Синусоидальная (зависящая от времени) временная диаграмма продолжается на протяжении значительного периода времени, необходимого по 5.3.4.7.

Приложение D
(справочное)

Пояснения к разделу 6 «Устройства, зависящие от перемещения»

D.1 Категории нелинейных устройств

Нелинейные устройства в большинстве случаев используются в системах пассивного контроля, функционирование которых основывается на увеличении гибкости конструктивной системы и/или на способности диссипации энергии.

Различают категории устройств в соответствии с основными особенностями их кривых «сила — перемещение», получаемых из специфических характеристик различных материалов и механизмов.

Первая классификация может быть сделана в соответствии с их способностью рассеивать энергию и включает в себя следующие категории:

- устройства диссипации энергии, если $\zeta \geq 15$ %;
- нелинейные упругие устройства, если $\zeta \leq 15$ %.

Вторая классификация может быть сделана в соответствии с изменением их жесткости как функции перемещения и включает в себя следующие категории:

- устройства с возрастающей характеристикой, если $K_2/K_1 > 1$;
- устройства со снижающейся характеристикой, если $K_2/K_1 \leq 1$.

Третья классификация может быть сделана в соответствии со способностью устройства к рецентрированию, т. е. способностью принимать первоначальную форму, когда прилагаемая внешняя сила равна нулю или если речь идет о части сооружения, сооружение должно быть спроектировано так, чтобы восстанавливать свою первоначальную форму или ограничивать остаточное перемещение в конце землетрясения. Могут быть выделены следующие категории:

- устройства с динамическим (слабым) рецентрированием, когда реверсивно накопленная энергия (энергия упругой деформации и потенциальной энергии) E_s больше 25 % энергии, рассеянной гистерезисом E_b;
- устройства со статическим (сильным) рецентрированием устройства, когда перемещение при нулевой силе меньше 10 % максимального достигнутого перемещения;
- дополнительные устройства рецентрирования, когда перемещение при нулевой силе меньше 10 % максимально достигнутого перемещения, даже в том случае, когда внешняя сила по меньшей мере равная 10 % максимальной силы, противодействует возвращению первоначальной конфигурации устройства.

Устройства диссипации энергии представляют собой устройства с падающей характеристикой, основанные или на гистерезисных свойствах металлов (сталь, свинец, сплавы с памятью формы), или на сопротивлении трения между соответствующим образом обработанными поверхностями. Устройства диссипации энергии могут также быть сформированы при использовании специальных сплавов с памятью формы.

Нелинейные упругие устройства могут быть либо устройствами с падающей характеристикой, либо устройствами с возрастающей характеристикой. Иногда функционирование устройств основывается на свойствах упругости специальной высокопрочной стали, некоторых других — на реакции резины при сжатии или на свойствах сверхэластичных сплавов с памятью формы. Нелинейное поведение таких устройств иногда основывается на геометрических нелинейных воздействиях по причине индивидуальной формы их основных элементов. Другие типы устройств могут быть классифицированы в этой категории при условии, что требования, приведенные в настоящем разделе, выполняются.

Нелинейные устройства с падающей характеристикой, представляющие собой или устройства диссипации энергии, или нелинейные упругие устройства, с практически нулевой жесткостью во второй ветке цикла нагрузки ($K_2 \approx 0$), такие как идеальные упругопластические или идеальные жесткопластические устройства, могут рассматриваться как соединительные элементы, предотвращающие передачу между различными частями сооружения сил, значение которых больше их предела пластичности.

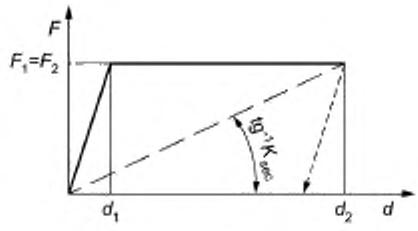


Рисунок D.1 — Идеальные упругопластические устройства

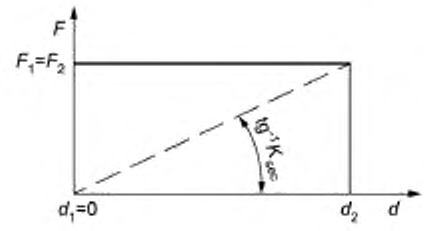


Рисунок D.2 — Жесткопластические устройства

Устройства с падающей характеристикой, представляющие собой или устройства диссипации энергии или нелинейные упругие устройства с низкой первоначальной упругой жесткостью, могут использоваться для получения благоприятного увеличения периода собственных колебаний конструктивной системы, уменьшая, таким образом, сейсмические эффекты.

Устройства с растущей характеристикой, обычно нелинейные упругие устройства, часто используются в качестве гибких ограничителей для ограничения перемещения в случае землетрясения со значительным ростом силы. Если начальная жесткость низкая, устройства могут обеспечивать благоприятное увеличение периода собственных колебаний конструктивной системы.

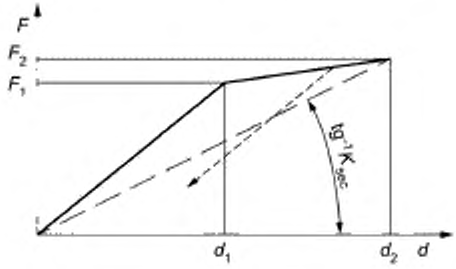


Рисунок D.3 — Устройства с падающей характеристикой с низкой начальной жесткостью

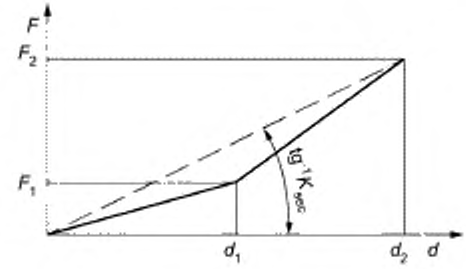
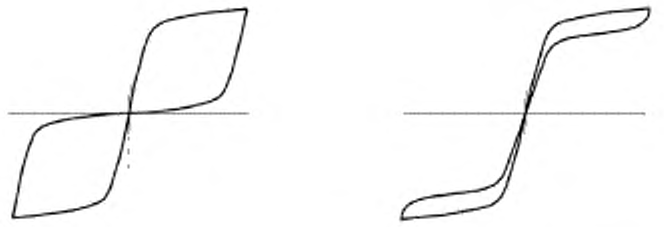


Рисунок D.4 — Устройства с растущей характеристикой

Способность к рецентрированию представляет собой активно обсуждаемый вопрос. С одной стороны, способность к рецентрированию может относиться к конструктивной системе в целом в динамических сейсмических условиях. Это означает, что система обладает как кинетической, так и потенциальной энергией в конце внешнего воздействия. В этом случае поскольку доля кинетической энергии не известна заранее для данного перемещения, определение условия рецентрирования может быть установлено только на вероятностной или статистической основе. С другой стороны, способность к рецентрированию может относиться либо к одиночному устройству, либо к конструктивной системе в целом в статических условиях, со ссылкой на форму циклической кривой «сила — перемещение». В этом случае рецентрирующее устройство и система — это то, чья сила при нулевом смещении также равна нулю, на любом этапе нагружения или снятия нагрузки. Когда сила в фазе снятия нагрузки по-прежнему большая для небольшого перемещения, устройство также может обеспечивать конструктивную систему со способностью к рецентрированию, даже когда присутствуют паразитные неконсервативные силы. В этом случае считается, что устройство имеет дополнительную способность к рецентрированию. В отличие от систем с динамическим рецентрированием, системы со статическим рецентрированием могут установленным образом возвращать конструктивную систему в ее первоначальную конфигурацию для любой ситуации, соответствующей расчетным условиям.



Устройство со статическим рецентрированием

Устройство с дополнительным рецентрированием

Рисунок D.5 — Рецентрирующие устройства

D.2 Примеры линейных устройств — эластомерные устройства с деформацией сдвига

Устройства, схожие с эластомерными сейсмоизоляторами, которые не передают вертикальную нагрузку, являются линейными устройствами. Подобно эластомерным сейсмоизоляторам устройства выполнены из нескольких слоев эластомера, которые деформируются при сдвиге, сохраняя параллельными верхние и нижние концевые пластины устройства, соединяющие относительно движущиеся части конструкции. В соответствии со свойствами эластомерной смеси данное устройство может показывать различные жесткость и демпфирующие свойства, которые обычно относятся к определенному диапазону для линейных устройств.

D.3 Примеры нелинейных устройств

D.3.1 Буферные устройства

Буфер — упругое устройство на основе резины, способное обеспечивать конструкцию кривой «сила — деформация». Таким образом, устройство имеет упругое поведение, но в общем случае нелинейное. Фактически эта нелинейность зависит от диапазона деформации, в котором функционирует устройство. Это поведение достигается с помощью некоторого числа специально спроектированных эластомерных листов, каждый из которых вулканизирован на двух стальных пластинах. Устройство проектируется так, чтобы эластомерные плиты всегда были подвержены сжатию для движения в обоих направлениях. Это достигается посредством определенного расположения стержней, которые позволяют дискам всегда быть сжатыми, вне зависимости от направления сейсмических сил.

Буферы используются в мостах, чтобы принимать горизонтальные нагрузки на контрфорсах или на границах между прилегающими конструктивными элементами в местах, где расположены температурные швы.

D.3.2 Стальные устройства для гистерезисной диссипации энергии

Эти устройства имеют высокую способность к диссипации энергии, которая обусловливается гистерезисным поведением основных элементов из конструкционной стали, деформируемых при изгибе, срезе или кручении или даже комбинации воздействия далеко за пределом упругости. Элементы имеют такую форму, чтобы обеспечить однородное распределение деформации в их частях, которые выполняют функции диссипации энергии и, таким образом, служат для максимального увеличения их сопротивления усталости при малом числе циклов. Эти устройства обычно используются как часть сейсмических изоляционных систем в мостах и зданиях или как основные компоненты систем обеспечения жесткости конструкции с диссипацией энергии.

В случаях сильных землетрясений, когда интенсивность больше, чем проектное землетрясение, устройство должно быть проконтролировано на предмет необходимости замены устройства или основных элементов.

D.3.3 Элементы жесткости для предотвращения выпучивания

Данные устройства обычно используются как основные компоненты систем обеспечения жесткости конструкции с диссипацией энергии с высокой способностью к диссипации энергии. Функционирование устройств объясняется гистерезисным поведением основных элементов из конструкционной стали, работающих на осевое растяжение или сжатие далеко за пределом упругости. Данные элементы настолько усилены элементами жесткости (обычно посредством внешнего цементного цилиндра), чтобы полностью избежать выпучивания при сжатии. В случаях сильных землетрясений, когда интенсивность больше, чем проектное землетрясение, устройство должно быть проконтролировано на предмет необходимости замены устройства или основных элементов.

D.3.4 Устройства рецентрирования из сплавов с памятью формы

Данные устройства обычно используются в качестве основных компонентов сейсмической изоляционной системы или рецентрирующих систем/систем обеспечения жесткости конструкции с диссипацией энергии. Устройства основаны на сверхэластичном поведении проволоки из сплавов с памятью формы в аустенитном состоянии. Во избежание выпучивания проволоки располагают таким способом, чтобы они активировались исключительно при растягивающих нагрузках. Данные устройства в основном имеют функцию рецентрирования, но когда проволока из сплава с памятью формы используется для формирования противодействующей пружины, они также могут обеспечивать значительное эффективное демпфирование.

Приложение Е
(справочное)

Пояснения к разделу 7 «Устройства, зависящие от скорости»

Е.1 Функциональные требования

Вязкостный демпфер полностью определен, если инженер — проектировщик строительных конструкций устанавливает следующие основные расчетные значения:

- максимальная сила, кН;
- максимальная длина хода, ± мм;
- максимальная скорость, м/с;
- коэффициент демпфирования C, кН/(м/с)$^{\alpha}$;
- экспонента α основного закона;
- жесткость K, кН/м;
- предварительная нагрузка F_o;
- допуски;
- угол поворота, ± град;
- диапазон окружающей температуры.

Типовой основной закон жидкостно-вязкостного демпфера имеет следующий вид:

$$F = Cv^{\alpha}. \quad (E.1)$$

Жидкостно-вязкостные демпферы с очень большой длиной хода лучше представляются моделью Максвелла (последовательные пружина и демпфер), где показатель упругости описывает эффект сжимаемости жидкости.

Последнее является важным, если необходимо измерить способность к диссипации энергии.

Типовой основной закон жидкостно-пружинного демпфера имеет следующий вид:

$$F = F_o + kx + Cv^{\alpha}. \quad (E.2)$$

Таким образом, жидкостно-пружинные демпферы лучше представляются моделью Кельвина — Фойгта (параллельные пружина и демпфер), где упругая жесткость описывает эффект сжимаемости жидкости, а F_o — предварительная нагрузка.

Важно отметить, что любой тип антисейсмического устройства аккумулирует или рассеивает энергию во всех четырех формах известного уравнения баланса энергии, а классификация на жидкостно-вязкостный или жидкостно-пружинный демпфер учитывает доминантную форму энергии.

Например, вязкостный демпфер:

i) аккумулирует энергию упругой деформации благодаря деформации его механических компонентов и сжимаемости вязкой жидкости (зависимость от перемещения);

ii) аккумулирует кинетическую энергию в его подвижных частях, а именно — в поршне (зависимость от скорости);

iii) гистерезисно рассеивает энергию в уплотнении через трение (зависимость от перемещения);

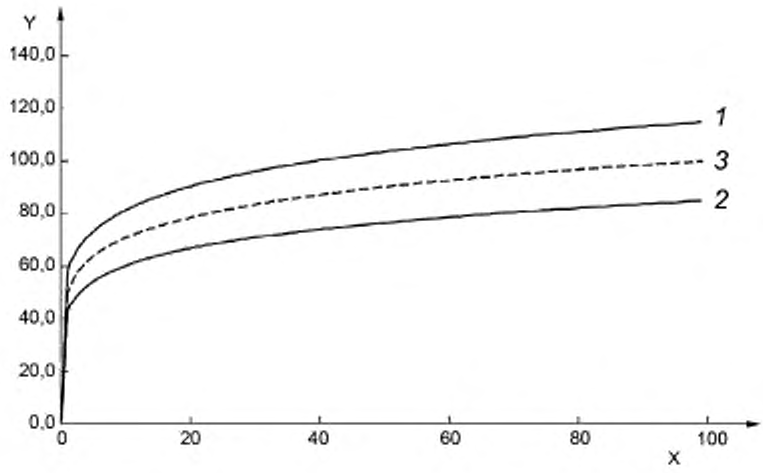
iv) вязкостно рассеивает энергию посредством принудительной подачи потока жидкости через отверстия или клапанные системы (зависимость от скорости).

Если доминирует четвертый компонент, устройство классифицируется как жидкостно-вязкостный демпфер, и константами K и F_o можно пренебречь.

Если значимыми являются и первый, и четвертый компонент, устройство классифицируется как жидкостно-пружинный демпфер.

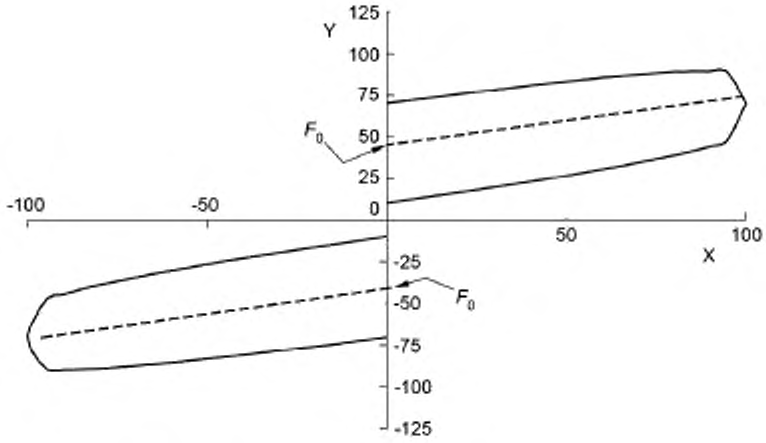
Количество энергии, поступающей в конструкцию в процессе сейсмического явления расчетного уровня, может составлять от 1 до 50 МДж. Возможная степень задействованной энергии поднимает фундаментальный вопрос: «Будет ли антисейсмическое устройство значительно повреждено энергией, которую устройство рассеивает в себе в течение землетрясения?» лишь крайне ограниченная часть (1 % — 5 %) большого количества механической энергии, которую устройство должно рассеивать в виде тепла, может быть перенесена в окружающую среду посредством конвекции и теплопроводности в процессе землетрясения, и, следовательно, устройство должно быть способным абсорбировать производимое тепло и выдерживать значительное увеличение собственной температуры.

На следующих рисунках в графическом виде показаны основные законы жидкостно-вязкостного и жидкостно-пружинного демпфера.



X — нормированная скорость, %, Y — нормированная сила, %;
1 — верхний предел; *2* — нижний предел; *3* — характеристическая кривая зависимости силы от скорости

Рисунок Е.1 — Типовая огибающая кривой зависимости силы от скорости жидкостно-вязкостного демпфера



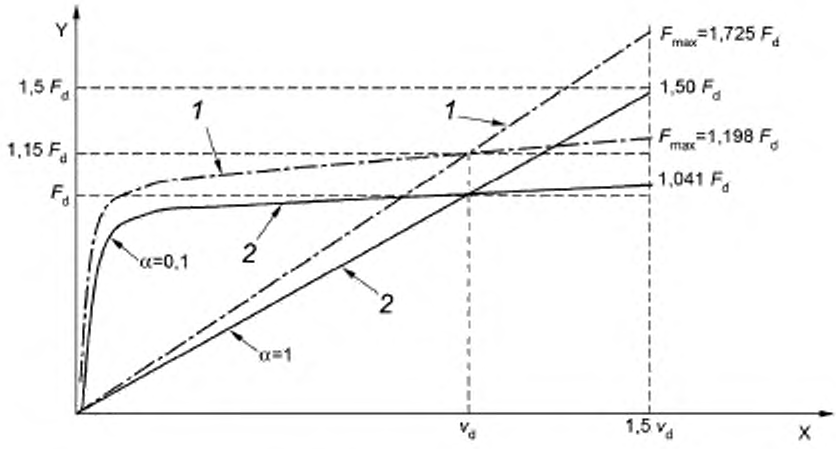
X — нормированное перемещение, %, Y — нормированная сила, %

Рисунок Е.2 — Огибающая кривой зависимости силы от перемещения жидкостно-пружинного демпфера (синусоидальная нагрузка)

Е.2 Требования к проектированию

Скорость, превышающая расчетный уровень, действует по-разному, в зависимости от характеристик вязкостного демпфера.

На рисунке Е.3 показано сравнение воздействия превышения расчетной скорости v_d на 50 % между двумя устройствами с различными экспонентами α.



X — скорость; Y — сила;
1 — верхний предел; *2* — характеристическая кривая зависимости силы от скорости

Рисунок Е.3 — Воздействие превышения расчетной скорости на двух устройствах с различными экспонентами α

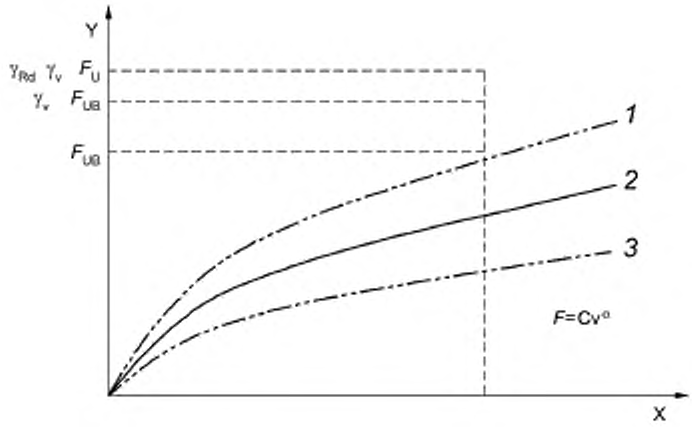
Для α = 1,0 (линейный демпфер) $F_{max} = (1 + 0,15) \cdot 1,5^1$, $F_d = 1,725\ F_d$. (Е.3)

Для α = 0,1 $F_{max} = (1 + 0,15) \cdot 1,5^{0,1}$, $F_d = 1,198\ F_d$. (Е.4)

В заключение следует отметить, что коэффициент увеличения прочности зависит как от допусков, так и от экспоненты α основного закона.

Соединения между жидкостным демпфером/жидкостно-пружинным демпфером и сооружением должны проектироваться, чтобы воспринять силу, равную $\gamma_{Rd} \cdot \gamma_v \cdot F_{UB}$, где $\gamma_{Rd} = 1,1$.

Компоненты жидкостного демпфера/жидкостно-пружинного демпфера должны проектироваться для выдерживания силы, равной $\gamma_v \cdot F_{UB}$.



X — скорость; Y — сила;
1 — верхний предел; *2* — номинальная кривая; *3* — нижний предел

Рисунок Е.4 — Проверка прочности

Устройства, характеризуемые очень крупными размерами и значительным весом, такие как жидкостно-вязкостные демпферы, предусматривающие длину хода более ± 500 мм, могут потребовать модального анализа для исследования дополнительной боковой нагрузки, вызываемой сейсмическим ускорением. В этом случае инженер — проектировщик строительных конструкций должен предоставить данные о спектре ускорений на месте расположения элементов.

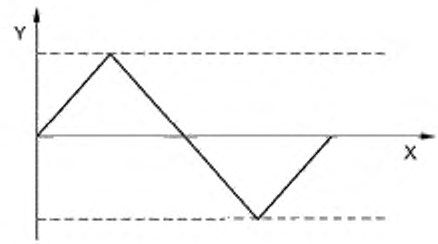
Е.3 Испытание

Е.3.1 Общие положения

Максимальное кратковременное потребление энергии демпфером возникает в течение проектного землетрясения. В зависимости от размера демпфера и сейсмичности местности ожидаемая диссипация энергии находится в диапазоне от 1 до 20 МДж.

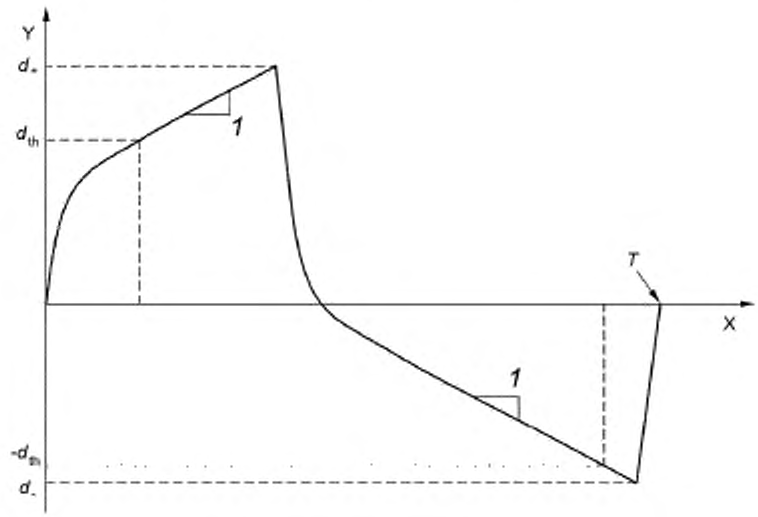
Е.3.2 Испытания при низкой скорости для жидкостно-вязкостных демпферов

Типичная скорость испытания составляет около 0,01 мм/с (т. е. меньше 0,1 мм/с). Так как столь низкая испытательная скорость будет приводить к крайне продолжительному испытанию, короткая длина хода является допустимой, потому что целью испытания является только проверка реакции демпфера.



X — время; Y — перемещение

Рисунок Е.5 — График нагружения для испытаний при низкой скорости



X — время, с; Y — перемещение, мм;
1 — установленная скорость медленного движения, мм/с

Рисунок Е.6 — Типовой график изменения перемещения по времени для испытания с регулирующей силой

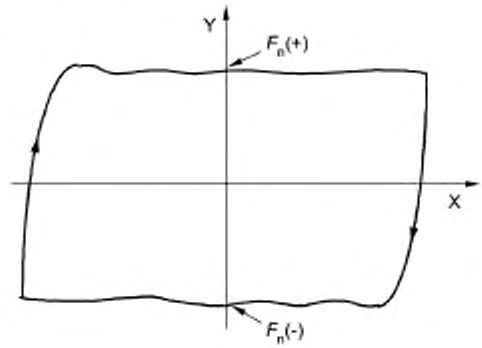
Е.3.3 Испытания при низкой скорости для жидкостно-пружинных демпферов

Необходимо подчеркнуть, что реакция жидкостно-пружинного демпфера даже для испытания при низкой скорости может быть значительной, так как второй компонент основного закона не зависит от скорости.

На таком устройстве испытание при низкой скорости может использоваться для выполнения испытания под давлением посредством просто приложения длины хода, достаточной для генерирования требуемого внутреннего давления.

Е.3.4 Испытание основного закона вязкостных демпферов

В целях упрощения это испытание должно выполняться посредством волнообразного нагружения в виде последовательности треугольных импульсов. Такой график нагружения предлагается из-за простоты считывания выходной реакции демпфера. При синусоидальном нагружении максимальная прилагаемая скорость достигается только на мгновение. Тем не менее, если график нагружения волны в виде последовательности треугольных импульсов вызывает слишком высокий пик ускорения, может использоваться синусоидальная временна́я диаграмма.

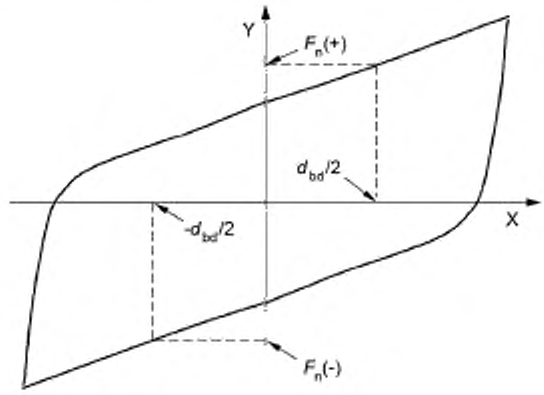


X — d, мм; Y — F, кН

Рисунок Е.7 — Типовая петля гистерезиса зависимости сила—перемещение (при постоянной скорости)

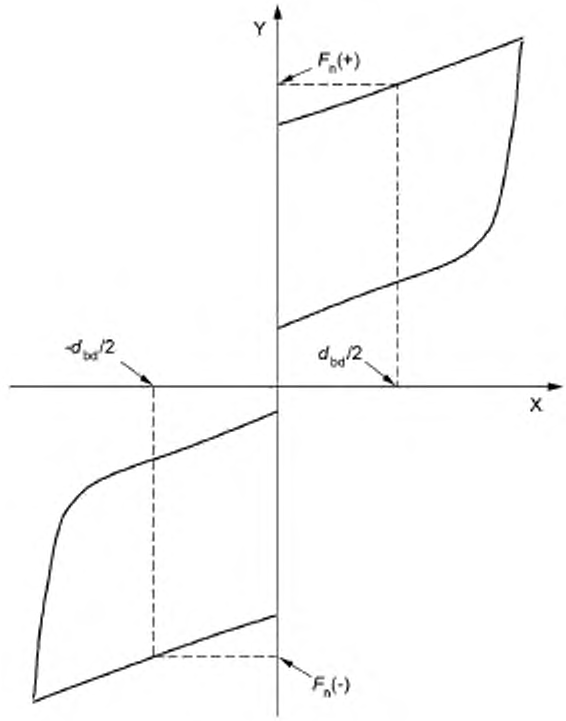
Е.3.5 Испытание основного закона жидкостно-пружинных демпферов

В целях упрощения это испытание выполняют посредством волнообразного нагружения в виде последовательности треугольных импульсов. Такой график нагружения предлагается для удобства считывания выходной реакции жидкостно-пружинного демпфера. При синусоидальном нагружении максимальная прилагаемая скорость достигается только на мгновение. Тем не менее, если график нагружения волны в виде последовательности треугольных импульсов вызывает слишком высокий пик ускорения, может использоваться синусоидальная временна́я диаграмма.



X — d, мм; Y — F, кН

Рисунок Е.8 — Типовая петля гистерезиса зависимости «сила—перемещение» (при постоянной скорости $F_0 = 0$)



X — d, мм; Y — F, кН

Рисунок Е.9 — Типовая петля гистерезиса зависимости «сила—перемещение» (при постоянной скорости $F_0 \neq 0$)

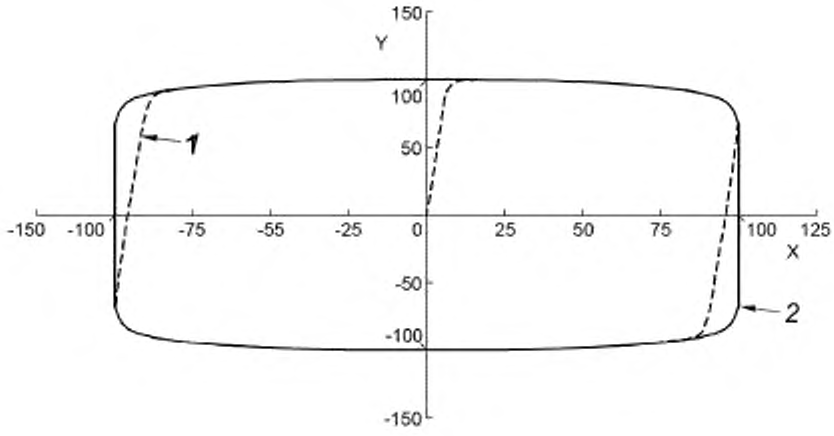
Е.3.6 Испытание эффективности демпфирования

Диссипативная эффективность любого устройства, рассеивающего энергию, определяется как отношение площади внутри измеренной петли гистерезиса зависимости «сила — перемещение» и соответствующего теоретического значения. Эффективность выражается математическими терминами следующим образом:

$$\eta = \frac{EDC}{\oint F(x, v)dx}, \quad (E.5)$$

где $F_{(x,v)}$ и x — сила и перемещение соответственно; EDC — диссипация энергии за цикл.

В случае жидкостно-вязкостных демпферов сила $F_{(v)}$ зависит преимущественно от прилагаемой скорости. Следовательно, эффективность диссипации энергии η зависит от типа прилагаемого нагружения. Входной импульс синусоидального перемещения традиционно принимается для оценки эффективности диссипации энергии вязкостных демпферов. Как уже было подчеркнуто, для правильной оценки теоретической диссипации энергии за цикл может использоваться модель Максвелла. Использование простого нелинейного основного закона как зависимости силы относительно скорости (буферная модель) переоценивает теоретическую способность к диссипации энергии (см. рисунок Е.10).



X — нормированное перемещение,%; Y — нормированная сила, %;
1 — модель Максвелла, *2* - - буферная модель

Рисунок Е.10 — Сравнение между моделью простого нелинейного буфера и моделью Максвелла для жидкостно-вязкостных демпферов*

* Форма диаграммы, соответствующая модели Максвелла, была увеличена для упрощения.

Приложение F
(справочное)

Пояснения к разделу 8 «Изоляторы»

F.1 Условия старения для эластомерных сейсмоизоляторов

Прогнозирование условий старения, эквивалентных 60 годам при средней рабочей температуре, может быть сделано на основе серии испытаний, проведенных в широком диапазоне температур и времени, и оценено в соответствии с законом Аррениуса:

$$t_N = t_0\, e^{Q/RT}, \qquad (F.1)$$

где t_N — время, в течение которого модуль изменяется на определенный коэффициент N;

t_0 — момент начала отсчета;

Q — энергия активации;

R — газовая постоянная;

T — температура, °К.

Самая высокая температура испытания должна быть 70 °С. Если наблюдения проводятся в соответствии с функцией Аррениуса, надежное прогнозирование будет затруднено. Если соотношение Аррениуса соблюдается, можно осуществить оценку времени, в течение которого модуль изменяется на определенный коэффициент N при средней рабочей температуре.

Если образцы получены не из состаренного устройства, анаэробные условия старения могут быть получены путем:

a) использования формованных образцов и герметизации их в непроницаемом материале в процессе старения;

b) производства блочных образцов с минимальным размером не менее 100 мм и аэробного старения блоков. Состаренные испытательные образцы необходимо отобрать из блока таким образом, чтобы образцы были взяты из материала, расположенного минимум в 30 мм от любой поверхности блока.

F.2 Кристаллизация при низкой температуре

Некоторые эластомеры поддаются кристаллизации, если температура окружающей среды остается низкой в течение длительного периода. Смеси с высоким демпфированием таких эластомеров могут быть более восприимчивы, чем обычные компоненты с низким демпфированием. Процесс кристаллизации включает в себя этап образования центров кристаллизации, в течение которого происходят небольшие изменения в жесткости резины с последующим быстрым повышением жесткости по мере роста кристаллов. Этап образования центров кристаллизации сокращается с понижением температуры и увеличением деформации любой используемой резины. Для обеспечения того, что рабочие характеристики сейсмоизолятора не будут нарушены, необходимо, чтобы этап образования центров кристаллизации не был превышен в течение долговременного воздействия низких температур. Кристаллиты растворяются при достаточном повышении температуры окружающей среды (выше 5 °С для смесей на основе натурального каучука), и, таким образом, эффекты полностью обратимы.

Рекомендуемые условия испытаний для смесей на основе натурального каучука и смесей на основе хлоропренового каучука приведены в таблицах F.1 и F.2 соответственно.

Таблица F.1 — Рабочие и испытательные условия для резины из натурального каучука

Минимальная рабочая температура, T_L °С	$-10 \le T_L < 0$	$-20 \le T_L < -10$	$T_L < -20$
Время, сутки, при температуре в вышеуказанном диапазоне	t_0	t_{-10}	t_{-20}
Испытательная температура, °С	–10	–20	–25
Продолжительность испытаний	$1{,}5\, t_0$	$1{,}5\, t_{-10} + 0{,}1\, t_0$	$1{,}5\, t_{-20} + 0{,}5\, t_{-10} + 0{,}05\, t_0$

Таблица F.2 — Рабочие и испытательные условия для резины из хлоропренового каучука

Минимальная рабочая температура, T_L °C	$0 \le T_L < 5$	$-5 \le T_L < 0$	$T_L < -5$
Время, сутки, при температуре в вышеуказанном диапазоне	t_5	t_0	t_{-5}
Испытательная температура, °C	0	–5	–10
Продолжительность испытаний	1,5 t_5	1,5 t_0 + 0,5 t_5	1,5 t_{-5} + 0,5 t_0 + 0,25 t_5

F.3 Пояснения к основным положениям проектирования

F.3.1 Коэффициент формы

Для опор с прямоугольным сечением

$$S = \frac{ab}{2t_r(a+b)}, \tag{F.2}$$

где a и b — длины сторон стальных армирующих листов.

Для круглых опор с отверстиями диаметром d_H без сердечников

$$S = \frac{(D' - d_H)}{4t_r}, \tag{F.3}$$

F.3.2 Расчетная деформация сдвига за счет сжатия вертикальными нагрузками

Уравнение (13) действует в следующих условиях:

для больших коэффициентов формы, $S > 8$, использование E'_c без поправки для эффекта сжимаемости приводит к еще большей недооценке $\varepsilon_{c,E}$. Тем не менее поправка на эффект сжимаемости вызывает еще более значительную переоценку $\varepsilon_{c,E}$. См. ИСО 22762-2, Приложение I;

поскольку коэффициент формы обычной опорной части строительной конструкции, как правило, меньше, чем коэффициент формы сейсмоизолированных опор, в ЕН 1337-3:2005 сжимаемость каучука при расчете $\varepsilon_{c,E}$ не учитывается.

F.3.3 Жесткость сейсмоизолятора

F.3.3.1 Вертикальная жесткость

Причиной для выбора значения G в уравнении для расчета E'_c в качестве значения при 100 % амплитуде деформации сдвига является упрощение процесса проектирования путем выбора одного значения G во всех различных уравнениях. Величина G является постоянной для расчета $\varepsilon_{c,Ed}$, так как значение G при деформации сдвига будет выше только за счет сжатия вертикальными нагрузками. Такое постоянство компенсируется тем, что модули, измеренные в динамических испытаниях 8.2.2.1.3, для данной деформации больше, чем квазистатические модули, соответствующие постоянному компоненту сжимающей нагрузки.

Для устройств с большим коэффициентом формы, как это характерно для большинства устройств, используемых в качестве сейсмоизоляторов, предположение о несжимаемом каучуке приводит к значительной переоценке модуля сжатия и вертикальной жесткости. Сжимаемость каучука может быть учтена простым методом.

Таким образом, модуль сжатия E_c получается равным:

$$\frac{1}{E_c} = \frac{1}{E'_c} + \frac{1}{E_b} \tag{F.4}$$

где E_b — модуль объемного сжатия эластомера. При отсутствии данных измерений E_b может быть принят равным 2000 МПа. Это уравнение предпочтительней, чем эмпирическое уравнение (20) в ЕН 1337-3:2005.

Общая вертикальная жесткость K_v многослойного эластомерного сейсмоизолятора представляет собой сумму вертикальных деформаций сжатия отдельных слоев:

$$K_v = \frac{A'}{\sum \frac{t_i}{E_{ci}}}, \tag{F.5}$$

где E_{ci} — модуль объемного сжатия, полученный по уравнениям (15) и (F.4) для отдельных слоев эластомера толщиной t_i.

F.3.3.2 Горизонтальная жесткость

Теоретическое значение горизонтальной жесткости определяется уравнением

$$K_b = \frac{GA}{T_q} \quad (F.6)$$

где A — общая площадь устройства в плане;

G — модуль сдвига при расчетной деформации сдвига в связи с горизонтальным перемещением, вызванным землетрясением.

Примечание — Горизонтальная жесткость очень мало зависит от вертикальной нагрузки. Зависимость становится более значимой для вертикальной нагрузки, которая составляет более одной трети критической нагрузки.

F.3.3.3 Жесткость при скручивании

Теоретическое значение жесткости при скручивании вокруг оси, проходящей через центр устройства параллельно длине (направление b), определяется следующими выражениями:

- для прямоугольных устройств:

$$K_\varphi = \frac{G_a{}^{5} \cdot b}{nt_i{}^3 k_R}; \quad (F.7)$$

- для круглых устройств:

$$K_\varphi = \frac{G\,\pi \cdot d_0{}^6}{512 nt_i{}^3} \quad (F.8)$$

Для определения k_R см. таблицу F.3.

F.3.3.4 Модуль объемного сжатия E'_c для кольцеобразных устройств с отверстиями без сердечников

E'_c — для кольцеобразных устройств с отверстием без сердечников:

$$E'_c = 3G\left(1 + 2\frac{(1+\rho^2)\ln\rho + (1-\rho^2)}{(1-\rho)^2 \ln\rho} S^2\right), \quad (F.9)$$

где ρ — соотношение между внутренним и наружным диаметром стальных армирующих листов.

Таблица F.3 — Значения параметра k_R

b/a	0,5	0,75	1	1,2	1,25	1,3	1,4	1,5
k_R	137	100	86,2	80,4	79,3	78,4	76,7	75,3
b/a	1,6	1,7	1,8	1,9	2	2,5	10	∞
k_R	74,1	73,1	72,2	71,5	70,8	68,3	61,9	60

Примечание 1 — Если $b < a$, уравнение все еще применяется для вращения вокруг оси, параллельной b, но в этом случае b является меньшим размером, а размер a большим размером в отличие от определений.

Примечание 2 — Расчетное значение жесткости при скручивании достаточно для большинства целей, но если необходимо знать его значение точно, значение должно быть определено экспериментально.

F.4 Определение возвратной жесткости испытаниями скользящих опор с криволинейными и плоскими поверхностями

Оценка результатов испытаний для определения возвратной жесткости скользящих опор с криволинейными и плоскими поверхностями осуществляется, как показано на рисунке F.1.

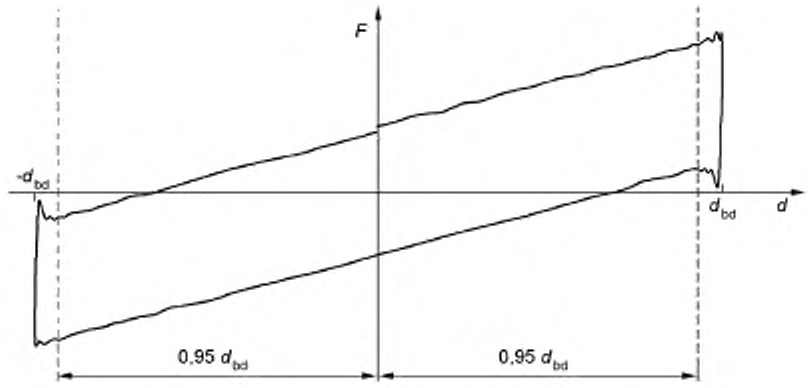


Рисунок F.1 — Оценка возвратной жесткости

Приложение G
(обязательное)

Оборудование для комбинированного сжатия и сдвига

G.1 Общие требования

Выходные данные чувствительных элементов должны калиброваться и иметь точность ± 2 % пикового значения, измеряемого в конкретном испытании. Чувствительные элементы, усилители и записывающее оборудование должны быть способны реагировать при испытательной частоте без какого-либо ослабления сигнала. В протокол испытаний должно быть включено подтверждение калибровки чувствительного элемента и подтверждения обо всех других необходимых контрольных мероприятиях (например, относительно влияния трения в силовом потоке).

Если установлено, должен строго соблюдаться точный порядок испытаний и интервал между ними. Указания по допустимости использования сейсмоизолятора для более чем одного испытания также должны строго соблюдаться.

Примечание — Такой контроль необходим из-за влияния истории нагружения на характеристики каучука.

G.2 Получение данных

Можно использовать аналоговый или цифровой метод сбора данных. Данные должны быть переведены в цифровую форму или сняты при частоте, минимум, равной минимум 100-кратной частоте нагружения. Цифровая система сбора данных должна опрашивать все каналы передачи данных таким образом, чтобы частота опроса составлял менее 1 % скорости считывания.

G.3 Оборудование для комбинированного сжатия и сдвига

Деформация при сжатии измеряется непосредственно между нагрузочными плитами испытательного механизма. Деформация при сжатии должна быть средним значением, полученным минимум от трех чувствительных элементов, расположенных равномерно вокруг сейсмоизолятора.

Если в силовом потоке есть источник трения, измеренное влияние на сжимающую нагрузку должно быть меньше 3 %.

Перемещение при сдвиге должно быть средним значением, измеренным в двух точках на противоположных сторонах сейсмоизолятора(ов), вдоль линии, ортогональной направлению сдвигающей нагрузки. Полученное перемещение при сдвиге должно быть в пределах ± 5 % установленного перемещения при сдвиге. Оборудование должно быть в состоянии создавать синусоидальное или треугольное перемещение заданной амплитуды при испытательной частоте.

Измерение сдвигающей силы в случае односрезной схемы испытания предпочтительно проводить с помощью чувствительного элемента, расположенного между сейсмоизолятором и контропорой. Для любой схемы испытаний может понадобиться в случае, если необходимо использовать чувствительный элемент, находящийся в силовом потоке испытательного цилиндра, определить величину любых влияний трения на передаваемое усилие и учитывать ее в качестве поправки. Оборудование для приложения сдвигающей силы должно быть в состоянии как сделать возможным перемещение сейсмоизолятора/сейсмоизоляторов при сжатии, так и компенсировать изменение высоты сейсмоизолятора/сейсмоизоляторов во время его/их деформации сдвига, если испытание проводится скорее при регулировании сжимающего усилия, чем при регулировании перемещения. Плоскость поперечной нагрузки должна оставаться в пределах ± 0,08 рад относительно нижней и верхней плоскостей контропоры.

Сдвигающая сила и перемещения должны постоянно записываться.

Вертикальные нагрузки следует прилагать при регулировании силы. Вертикальная нагрузка должна быть постоянной таким образом, чтобы:

I) средняя сила была в пределах ± 10 % установленной силы;

II) максимальные и минимальные силы во время испытания находились в пределах ± 10 % среднего значения;

III)площадь любой петли гистерезиса, наблюдаемой в силовом потоке сжимающей силы, была менее 5 % петли гистерезиса кривой «сдвигающая сила — перемещение»;

IV) любой источник трения между датчиком сжимающей нагрузки и сейсмоизолятором/сейсмоизоляторами вызывает потерю энергии меньше 5 % от петли гистерезиса кривой «сдвигающая сила — перемещение».

Если любое из четырех условий не может быть удовлетворено, сжимающая нагрузка в ходе испытаний может прилагаться при регулировании перемещения таким образом, чтобы после приложения указанной вертикальной нагрузки сейсмоизолятор/сейсмоизоляторы удерживался(ись) в таком сжатом состоянии во время деформации сдвига. Регулирование сжимающей нагрузки посредством перемещения также может быть использовано, если оборудование для приложения сдвигающей силы не может компенсировать изменение высоты сейсмоизолятора/сейсмоизоляторов в процессе сдвига. Несмотря на вышесказанное, испытание способности к боковому смещению осуществляется постоянной сжимающей силой при регулировании силы. Регулирование сжимающей нагрузки перемещением не допускается использовать для маятниковых скользящих опор.

Сжимающая сила и уменьшение размера (а также сдвигающая сила и перемещение в результате сдвига) должны фиксироваться для возможности проверки соблюдения указанных выше требований.

G.4 Нагрузочные плиты

Сейсмоизоляторы должны быть присоединены к нагрузочным плитам той же системой крепления, которая используется для установленных сейсмоизоляторов.

Площадь в плане плит должна быть больше, чем у сейсмоизоляторов, также плиты должны быть достаточно толстыми, чтобы предотвратить значительную деформацию (меньше 2 % деформации при сжатии сейсмоизолятора при максимальной нагрузке).

Угол между верхней и нижней плитами должен быть менее 0,003 рад.

Нагрузочная(ые) плита(ы) для приложения нагрузки на сдвиг должна(ы) быть такими, чтобы

I) она(и) не поворачивались вокруг вертикальной оси более чем на 0,08 рад;

II) она(и) не двигались перпендикулярно направлениям нагружения более чем на 10 % от перемещения при сдвиге.

G.5 Оценка данных

Данные кривой «динамическая горизонтальная сила — перемещение» должны оцениваться для каждого отдельного цикла. Метод оценки жесткости дает следующее уравнение:

$$K_b = \frac{F^+ - F^-}{d^+ - d^-}, \tag{G.1}$$

где F и d — горизонтальные сила и перемещение соответственно;

d^+ и d^- — максимальное и минимальное значения перемещения в цикле;

F^+ и F^- — значения силы при данных перемещениях.

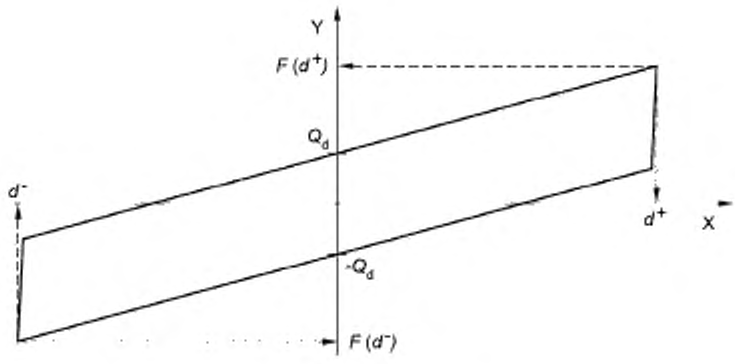
Соотношение эквивалентного вязкостного демпфирования выражается следующим образом:

$$\xi = \frac{2H}{\pi K_b (d^+ - d^-)^2}, \tag{G.2}$$

где H — площадь внутри петли гистерезиса.

Для эластомерных опор со свинцовым сердечником горизонтальные характеристики могут быть определены как жесткость во второй ветви цикла нагрузки (жесткость после упругости) K_2 и характеристическая прочность Q_d, см. рисунок G.1. Значение Q_d принимается как среднее значение пересечений на оси силы. Жесткость K_2 принимается равной

$$K_2 = \frac{F(d^+) - F(d^+/2)}{d^+} - \frac{F(d^-/2) - F(d^-)}{d^-}, \tag{G.3}$$



X — перемещение, Y — сила

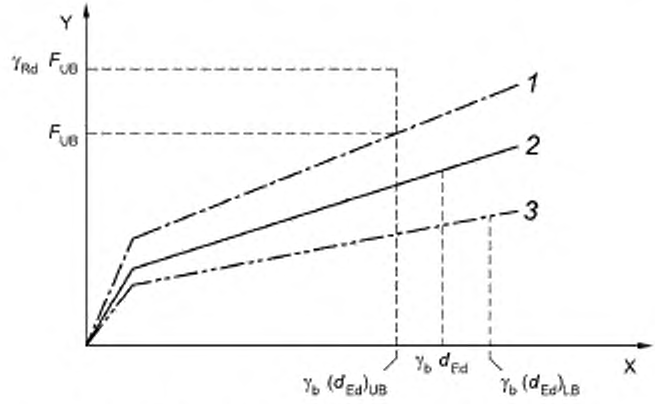
Рисунок G.1 — Схематическая петля гистерезиса сила — перемещение для эластомерных опор со свинцовым сердечником

Приложение Н
(справочное)

Проектирование соединений устройств

Н.1 Эластомерные сейсмоизоляторы

Соединения между сейсмоизолятором и опорной плитой, соединенной с сооружением, должны быть спроектированы таким образом, чтобы выдержать силу, равную $\gamma_{Rd} F_{UB}$, где F_{UB} соответствует силе при $d_b(d_{Ed})_{UB}$, $(d_{Ed})_{UB}$ — максимальное перемещение, рассчитанное с использованием верхних расчетных значений характеристик устройства (см. рисунок Н.1), γ_{Rd} — коэффициент увеличения прочности эластомерных сейсмоизоляторов; рекомендуемым значением γ_{Rd} является 1,1.

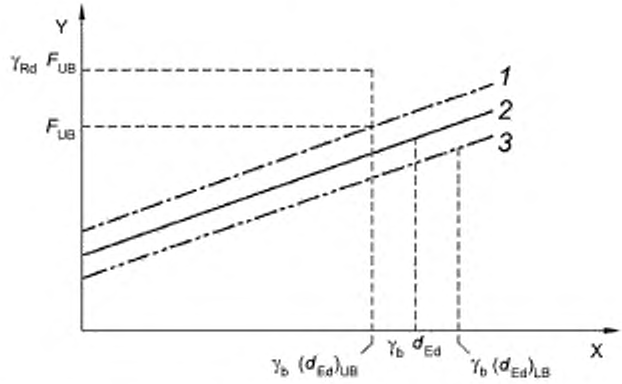


1 — верхнее расчетное значение характеристики; *2* — график номинального значения;
3 — нижнее расчетное значение характеристики

Рисунок Н.1 — Схематическая диаграмма, показывающая определение F_{UB} для эластомерных сейсмоизоляторов

Н.2 Скользящие опоры

Соединения между скользящей опорой и опорной плитой, соединенной с сооружением, должны быть спроектированы таким образом, чтобы выдержать силу, равную $\gamma_{Rd} F_{UB}$, где F_{UB} соответствует силе при $\gamma_b(d_{Ed})_{UB}$, $(d_{Ed})_{UB}$ — максимальное перемещение, рассчитанное с использованием верхних расчетных значений характеристик устройства (см. рисунок Н.2) γ_{Rd} — коэффициент увеличения прочности скользящих опор. Рекомендуемым значением γ_{Rd} является 1,1.



1 — верхнее расчетное значение характеристики, *2* — график номинального значения;
3 — нижнее расчетное значение характеристики

Рисунок Н.2 — Схематическая диаграмма, показывающая определение F_{UB} для скользящих опор

Приложение I
(справочное)

Метод расчета распределения давления на полусферических поверхностях

I.1 Общие положения

Настоящее приложение описывает метод расчета распределения давления по несущему антифрикционному материалу полусферических поверхностей, используемых в маятниковых скользящих опорах. Также данный метод позволяет провести проверку разделения поверхностей скольжения.

Даже если методика является аналитически точной, результаты тем не менее могут быть физически не точными из-за упрощающей природы некоторых допущений, принятых в отношении поведения материалов. Однако полученные результаты являются надежными и достаточно точными для целей настоящего приложения.

I.2 Предположения моделирования

a) Как вогнутые, так и выпуклые опорные плиты являются бесконечно жесткими; консервативное предположение обосновывается фактом, что модуль упругости стали минимум в 5000 раз выше модуля упругости антифрикционного материала опоры.

b) Напряжения являются всегда нормальными к поверхности контакта; консервативное предположение обосновывается относительно низким коэффициентом трения поверхностей скольжения.

c) Между антифрикционным материалом опоры и опорной плитой нет скользящих движений; это предположение верно только в случае связанного антифрикционного материала опоры, но может допускаться как действительное для антифрикционного материала с карманами для смазки.

d) Реакция пропорциональна деформации в каждой точке листа антифрикционного материала; это так называемая «гипотеза Винклера», которая являющаяся консервативной, поскольку рассматривает эффект соединения со смежными элементами как незначительный, т. е. предполагает коэффициент поперечного расширения $v = 0$.

I.3 Воздействия вертикальных нагрузок

В уравнениях используются обозначения, приведенные на рисунке I.1.

С учетом вышеуказанных предположений при приложении вертикальной нагрузки F_z к выпуклому элементу распределение давления $\sigma(\theta)$ по антифрикционному материалу опоры как функция угла θ определяется следующей функцией

$$\sigma(\theta) = \frac{3}{2}\frac{F_z \cos\theta}{\pi \cdot r^2(1-\cos^3\delta)}, \tag{I.1}$$

которая имеет максимум при $\theta = 0$:

$$\sigma_{max} = \frac{3}{2}\frac{F_z}{\pi \cdot r^2(1-\cos^3\delta)} = \overline{\sigma}\frac{3\sin^2\delta}{2(1-\cos^3\delta)} \tag{I.2}$$

где $\overline{\sigma}$ — среднее давление, определяемое как отношение между вертикальной нагрузкой F_z и площадью $A = \pi L^2/4$, определяемой как проекция сферической поверхности на горизонтальную плоскость, нормальную к ее оси симметрии.

Значения функции

$$f(\delta) = \frac{3}{2}\frac{\sin^2\delta}{1-\cos^3\delta} \tag{I.3}$$

которая представляет отклонение максимального давления как функцию половины прилежащего угла δ сферической поверхности антифрикционного материала с учетом случая плоской поверхности, приведены в таблице I.1.

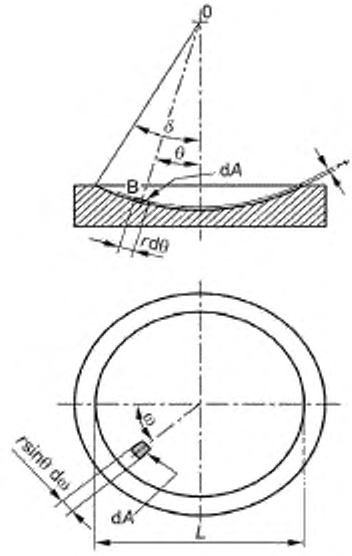


Рисунок I.1 — Эскиз полусферической поверхности

Таблица I.1 — Значения функции $f(\delta)$

δ	$f(\delta)$
10°	1,008
15°	1,017
20°	1,031
25°	1,048
30°	1,070
35°	1,096
40°	1,126
45°	1,160

Максимальное (пиковое) напряжение на полусферической поверхности незначительно отличается от такового для эквивалентной плоской поверхности.

По аналогии значения отклонения давления на край сферической поверхности ($\theta = \delta$) с учетом случая плоской поверхности приведены в таблице I.2.

Таблица I.2 — Отклонение давления на край с учетом случая плоской поверхности

δ	$g(\delta)$	δ	$g(\delta)$
10°	1,993	30°	1,927
15°	1,982	35°	1,898
20°	1,969	40°	1,863
25°	1,951	45°	1,820

I.4 Воздействия горизонтальных нагрузок

Если горизонтальная нагрузка F_x прикладывается к выпуклому элементу в направлении, определяемом $\omega = 0$, распределение давления $\delta(\omega, \theta)$ на антифрикционный материал опоры как функция углов ω и θ определяется следующим образом:

$$\sigma(\omega, \theta) = \frac{3 F_x \sin\theta \cdot \cos\omega}{\pi r^2 [3 \cdot (1 - \cos\delta) - (1 - \cos^3\delta)]}. \tag{I.4}$$

I.5 Комбинированные нагрузки

Сумма (I.1) и (I.4) дает распределение давления при воздействии как горизонтальных, так и вертикальных нагрузок.

Особенно важна проверка состояния $\sigma > 0$ (разделение поверхностей скольжения) на кромке ($\theta = -\delta$) в направлении, противоположном направлению горизонтальной силы $F_x(\omega = \pi)$.

Условие $\sigma > 0$ выполняется, если

$$\frac{3 F_x \cdot \sin\theta \cdot \cos\omega}{\pi r^2 [3 \cdot (1 - \cos\delta) - (1 - \cos^3\delta)]} < \frac{3}{2} \frac{F_z \cdot \cos\theta}{\pi r^2 (1 - \cos^3\delta)} \tag{I.5}$$

или соответственно

$$\frac{F_x}{F_z} < \frac{\cos\delta\,[3\,(1 - \cos\delta) - (1 - \cos^3\delta)]}{2 \sin\delta\,(1 - \cos^3\delta)} \tag{I.6}$$

Если в уравнение (К.6) ввести эксцентриситет e

$$e = \frac{F_x}{F_z} \cdot r \tag{I.7}$$

и диаметр L спроецированной поверхности (см. рисунок I.1)

$$L = 2 \cdot r \cdot \sin\delta, \tag{I.8}$$

это приводит к следующему неравенству:

$$e < \frac{L \cdot \cos\delta\,[3\,(1 - \cos\delta) - (1 - \cos^3\delta)]}{4 \sin^2\delta\,(1 - \cos^3\delta)} = \frac{L}{F(\delta)}. \tag{I.9}$$

Функция

$$F(\delta) = \frac{4 \sin^2\delta \cdot (1 - \cos^3\delta)}{\cos\delta\,[3\,(1 - \cos\delta) - (1 - \cos^3\delta)]} \tag{I.10}$$

существенно не отличается (см. таблицу I.3) от постоянного значения 8, как в случае плоских поверхностей, имеющих форму круга. Для этого точно требуется, чтобы $e < L/8$.

Таблица I.3 — Подтверждение разделения поверхностей скольжения

δ	$F(\delta)$	δ	$F(\delta)$
10°	7,980	30°	7,867
15°	7,957	35°	7,846
20°	1,928	40°	7,844
25°	1,996	45°	7,873

Приложение J
(справочное)

Коэффициенты λ для сейсмоизоляторов общего типа

J.1 Значения λ_{max} для эластомерных опор

Если другие значения не подтверждены соответствующими испытаниями, значения λ_{max}, указанные в таблицах J.1 и J.4, могут использоваться для оценки верхнего расчетного значения характеристики.

Таблица J.1 — f_1 — Старение

Компонент	$\lambda_{max\,f1}$ для	
	K_p	F_o
РО с НД	1,1	1,1
РО с ВД1	1,2	1,2
РО с ВД2	1,3	1,3
Свинцовый сердечник	—	1,0

Используются следующие обозначения для резиновых компонентов:

РО с НД — резиновая опора с низким демпфированием с модулем сдвига выше 0,5 МПа при деформации сдвига 100 %;

РО с ВД1 — резиновая опора с высоким демпфированием с $\xi_{eff} \leq 0,15$ с модулем сдвига выше 0,5 МПа при деформации сдвига 100 %;

РО с ВД2 — резиновая опора с очень высоким демпфированием с $\xi_{eff} > 0,15$ с модулем сдвига выше 0,5 МПа при деформации сдвига 100 %.

Свинцовый сердечник — свинцовый сердечник для свинцово-резиновых опор.

Таблица J.2 — f_2 — Температура

Расчетная температура $T_{min,b}$, °C	$\lambda_{max,f2}$ для					
	K_p			F_o		
	РО с НД	РО с ВД1	РО с ВД2	РО с НД	РО с ВД1	РО с ВД2
20	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
0	1,3	1,3	1,3	1,1	1,1	1,2
–10	1,4	1,4	1,4	1,1	1,2	1,4
–30	1,5	2,0	2,5	1,3	1,4	2,0

$T_{min,b}$ — минимальная температура сейсмоизолятора для проектного землетрясения, соответствующая местоположению моста [см. J.1(2) приложения J ЕН 1998-2].

Таблица J.3 — f_3 — Загрязнение

$\lambda_{max,f3} = 1,0$

Таблица J.4 — f_4 — Скопление транспорта

Резина	$\lambda_{max,f4} = 1,0$
Свинцовый сердечник	Устанавливается опытным путем

J.2 Значения λ_{max} для скользящих сейсмоизолирующих элементов

Если другие значения не подтверждены соответствующими испытаниями, значения λ_{max}, указанные в таблицах J.5 и J.8, могут использоваться для оценки максимальной силы F_o при нулевом смещении в соответствии

с верхним расчетным значением характеристики. Значения, приведенные для несмазанного политетрафторэтилена (ПТФЭ), могут применяться также для фрикционных маятниковых опор.

Таблица J.5 — f_1 — Старение

Компонент	$\lambda_{max,f4}$					
	Несмазанный ПТФЭ		Смазанный ПТФЭ		Контактные поверхности двух металлов	
Условия окружающей среды	с герметизацией	без герметизации	с герметизацией	без герметизации	с герметизацией	без герметизации
Нормальные	1,1	1,2	1,3	1,4	2,0	2,2
Жесткая	1,2	1,5	1,4	1,8	2,2	2,5

Значения в таблице J.5 относятся к следующим условиям:

- предполагается использование скользящих пластин из нержавеющей стали;
- предполагаются условия без герметизации, допускающие воздействие воды и соли на поверхности скольжения;
- жесткие условия окружающей среды включают в себя морские и промышленные условия.

Значения для контактных поверхностей двух металлов применяются для контактной поверхности нержавеющей стали и бронзы.

Таблица J.6 — f_2 — Температура

Расчетная температура $T_{min,b}$, °C	$\lambda_{max,f2}$		
	Несмазанный ПТФЭ	Смазанный ПТФЭ	Контактные поверхности двух металлов
20	1,0	1,0	Устанавливается опытным путем
0	1,1	1,3	
–10	1,2	1,5	
–30	1,5	3,0	

Таблица J.7 — f_3 — Загрязнение

Установка	$\lambda_{max,f3}$		
	Несмазанный ПТФЭ	Смазанный ПТФЭ	Контактные поверхности двух металлов
С герметизацией, поверхность нержавеющей стали направлена вниз	1,0	1,0	1,0
С герметизацией, поверхность нержавеющей стали направлена вверх	1,1	1,1	1,1
Без герметизации, поверхность нержавеющей стали направлена вниз	1,2	3,0	1,1

Значения в таблице J.7 относятся к следующим условиям:

- герметизация опоры предполагается для обеспечения защиты от загрязнений при всех условиях эксплуатации.

Таблица J.8 — f_4 — Скопление транспорта

Скопление транспорта, км	$\lambda_{max,f4}$		
	Несмазанный ПТФЭ	Смазанный ПТФЭ	Контактные поверхности двух металлов
≤ 1,0	1,0	1,0	Устанавливается опытным путем
1,0 < и ≤ 2,0	1,2	1,0	Устанавливается опытным путем

Приложение ZA
(справочное)

Связь между настоящим стандартом и основополагающими требованиями Директивы Европейского сообщества по строительным материалам

ZA.1 Область применения и определяющие свойства

Указанные в настоящем Приложении разделы настоящего стандарта отвечают требованиям данного мандата, выданного на основе Директивы Европейского сообщества по строительным материалам (89/106/EWG).

Соответствие данным разделам дает право для принятия того, что антисейсмические условия, для которых действительно настоящее приложение, пригодны для указанного назначения. Необходимо сослаться на данные, которые приведены вместе с маркировкой «CE».

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ — Для антисейсмических устройств, которые попадают в область применения настоящего стандарта, могут применяться также другие требования и директивы Европейского сообщества, которые не оказывают влияния на пригодность для запланированного назначения.

Примечание 1 — Дополнительно к конкретным разделам настоящего стандарта, которые относятся к опасным веществам, могут действовать другие требования для изделий, попадающих в область применения настоящего стандарта (например, переработанные Европейские правовые предписания и национальные правовые и административные предписания). Чтобы соответствовать определениям Директивы Европейского сообщества по строительным материалам, необходимо также выполнить указанные выше требования директивы, если таковые требования применяются.

Примечание 2 — Информационный банк данных европейских и национальных определений, касающихся опасных веществ, содержится на Интернет-странице Комиссии ЕВРОПА (доступ по ссылке gost.e-ecolog.ru comm/enterprise/ construction/internal/dangsub/danqmain.htm).

В настоящем приложении определяются условия для нанесения маркировки «CE» на антисейсмические устройства с назначением, указанным в таблицах ZA.1.a—ZA.1.f. Также приведены соответствующие применимые разделы.

Область применения настоящего приложения совпадает с областью применения раздела 1 настоящего стандарта и установлена в таблицах ZA.1.a—ZA.1.f.

Таблица ZA.1.a

Продукт: устройства с жестким соединением согласно области применения настоящего стандарта Назначение: в зданиях и инженерных сооружениях			
Основные характеристики	Разделы, подразделы и пункты с требованиями данного и других стандартов	Ступени и/или классы	Примечание
Несущая способность (сжатие и растяжение) (способность к передаче осевой нагрузки)	Неприменимо	Нет	Неприменимо
Стойкость к сейсмической нагрузке/поглощение ударных нагрузок (стойкость при повторном циклическом нагружении)	5.1, 5.2.1, 5.2.2, 5.3.1, 5.3.3	Нет	Расчетное значение, кН
Модуль сдвига (жесткость)	Неприменимо	Нет	Неприменимо
Способность к вращению / в радианах (способность к рецентрированию)	5.1, 5.3.1	Нет	Расчетное значение, рад
Коэффициент трения (способность к диссипации энергии)	Неприменимо	Нет	Неприменимо
Способность к горизонтальному смещению (горизонтальная податливость)	5.2.1, 5.2.2, 5.2.4.3, 5.3.1, 5.3.3	Нет	Расчетное значение, мм (если применимо)
Характеристики долговечности согласно стандарту	5.2.4.3, 5.3.4.4	Нет	Выдержаны/ не выдержаны

Таблица ZA.1.b

Продукт: устройства, зависящие от перемещения согласно области применения настоящего стандарта Назначение: в зданиях и инженерных сооружениях			
Основные характеристики	Разделы, подразделы и пункты с требованиями данного и других стандартов	Ступени и/или классы	Примечание
Несущая способность (сжатие и растяжение) (способность к передаче осевой нагрузки)	Неприменимо	Нет	—
Стойкость к сейсмической нагрузке/поглощение ударных нагрузок (стойкость при повторном циклическом нагружении)	6.4.4, перечисление a)	Нет	Выдержаны/ не выдержаны
Модуль сдвига (жесткость)	6.2, 6.4.4	Нет	Расчетное значение, кН/м
Способность к вращению (способность к рецентрированию)	7.1 (если применимо)	Нет	Расчетное значение, рад
Коэффициент трения (способность к диссипации энергии)	6.2, таблица 3 (если применимо), 6.4.4, перечисление a)	Нет	Эквивалентное демпфирование в процентах
Способность к горизонтальному смещению (горизонтальная податливость)	6.4.4, перечисление b)	Нет	—
Характеристики долговечности (стойкость к старению, температуре, коррозии)	6.2, таблицы 3 и 4, 6.4.4	Нет	Жесткость, кН/м и демпфирование (%), рассеяние

Таблица ZA.1.c

Продукт: устройства, зависящие от скорости согласно области применения настоящего стандарта Назначение: в зданиях и инженерных сооружениях			
Основные характеристики	Разделы с требованиями данного и других стандартов	Ступени и/или классы	Примечания
Несущая способность (способность к передаче осевой нагрузки)	7.1, 7.3.1, 7.3.2, 7.3.3	Нет	Выдержаны/ не выдержаны
Стойкость к сейсмической нагрузке/поглощение ударных нагрузок (стойкость при повторном циклическом нагружении)	7.1, 7.4.2.5, 7.4.2.6, 7.4.2.8	Нет	Расчетное значение, в кН
Жесткость (горизонтальная податливость)	7.1, 7.4.2.6	Нет	Расчетное значение, в кН/мм (только для жидкостно-пружинных демпферов)
Способность к вращению	7.1	Нет	Данные по характеристикам
Коэффициент трения (способность к диссипации энергии)	7.4.2.7	Нет	Данные по характеристикам
Способность к горизонтальному смещению (ход)	7.1, 7.4.2.10	Нет	Расчетное значение, в мм
Характеристики долговечности (стойкость к старению, температуре, коррозии)	7.1, 7.4.2.8, 7.4.2.9	Нет	Выдержаны/ не выдержаны

Таблица ZA.1.d

Продукт: эластомерные изоляторы согласно области применения настоящего стандарта Назначение. в зданиях и инженерных сооружениях — для эластомерных сейсмоизоляторов с низким демпфированием см. таблицу ZA.1.d			
Основные характеристики	Разделы с требованиями данного и других стандартов	Ступени и/или классы	Примечания
Несущая способность (сжатие и растяжение) (способность к передаче осевой нагрузки)	8.2.1.2.6 8.2.1.2.7 8.2.3.4.2 8.2.3.4.3 8.2.3.4.4/8.2.3.4.5 Только для сейсмоизоляторов для мостов ЕН 1337-3:2005, 4.3.4	Нет	Выдержаны/ не выдержаны
Стойкость к сейсмической нагрузке/поглощение ударных нагрузок (стойкость при повторном циклическом нагружении)	8.2.1.2.5	Нет	Выдержаны/ не выдержаны
Модуль сдвига (жесткость)	8.2.1.2.2 8.2.1.2.3 8.2.1.2.4 8.2.2.1.5	Нет	Расчетное значение, кН/мм. Выдержаны/не выдержаны. Выдержаны/не выдержаны
Способность к вращению (способность к рецентрированию)	8.2.3.4.2	Нет	Выдержаны/ не выдержаны
Способность к диссипации энергии	8.2.1.2.2	Нет	Расчетное значение, доля в критическом демпфировании, в %
	8.2.1.2.3		Выдержаны/ не выдержаны
	8.2.1.2.4		Выдержаны/ не выдержаны
Способность к горизонтальному смещению (горизонтальная податливость)	8.2.1.2.7 8.2.2.1.4 8.1.3.4.2 8.2.3.4.2	Нет	Выдержаны/ не выдержаны
Характеристики долговечности (стойкость к старению)	8.2.1.2.9 8.2.2.1.3.5 8.2.2.1.4.2 8.2.2.1.6 Только для сейсмоизоляторов для мостов ЕН 1337-3:2005, 4.3.6	Нет	Выдержаны/ не выдержаны

Таблица ZA.1.e

Продукт: эластомерные изоляторы с низким демпфированием согласно области применения настоящего стандарта Назначение: для мостов, подвергаемых низкой сейсмической активности — для других вариантов применения см. таблицу ZA.1.d			
Основные характеристики	Разделы с требованиями данного и других стандартов	Ступени и/или классы	Примечания
Несущая способность (сжатие и растяжение) (способность к передаче осевой нагрузки)	8.2.1.2.7 8.2.3.4.2 8.2.3.4.3 8.2.3.4.4/8.2.3.4.5 Только для сейсмоизоляторов для мостов ЕН 1337-3:2005, 4.3.4	Нет	Выдержаны/ не выдержаны
Стойкость к сейсмической нагрузке/ поглощение ударных нагрузок (стойкость при повторном циклическом нагружении)	Неприменимо		Неприменимо
Модуль сдвига	8.2.1.2.2/8.2.1.2.11	Нет	Расчетное значение, кН/мм
	8.2.1.2.4		Выдержаны/ не выдержаны
	ЕН 1337-3, 4.3.1		Выдержаны/ не выдержаны
Способность к вращению (способность к рецентрированию)	8.2.3.4.2	Нет	Выдержаны/ не выдержаны
Способность к диссипации энергии	Неприменимо		Неприменимо
Способность к горизонтальному смещению (горизонтальная податливость)	8.2.1.2.7/8.2.1.2.11 8.2.3.4.1 8.2.3.4.2 ЕН 1337-3, 4.3.2	Нет	Выдержаны/ не выдержаны
Характеристики долговечности (стойкость к старению)	ЕН 1337-3:2005, 4.3.6, 4.4.2	Нет	Выдержаны/ не выдержаны

Таблица ZA.1.f

Продукт: маятниковые скользящие опоры и скользящие опоры с плоской поверхностью согласно области применения настоящего стандарта Назначение: в зданиях и инженерных сооружениях			
Основные характеристики	Разделы с требованиями данного и других европейских стандартов	Ступени и/или классы	Примечания
Несущая способность (сжатие и растяжение) (способность к передаче осевой нагрузки)	ЕН 1337-2:2004,5, 6.2, 6.3, 6.4, 6.6, 6.8, 6.9, 7.1, 7.2 или соответствующее техническое свидетельство	Температура	Данные по характеристикам
	8.3.4.1.2	Нет	Выдержаны/ не выдержаны
	Дополнительно для маятниковых скользящих опор: 8.3.3.1	Нет	Данные по характеристикам

Окончание таблицы ZA.1.f

Продукт: маятниковые скользящие опоры и скользящие опоры с плоской поверхностью согласно области применения настоящего стандарта Назначение: в зданиях и инженерных сооружениях			
Основные характеристики	Разделы с требованиями данного и других европейских стандартов	Ступени и/или классы	Примечания
Стойкость к сейсмической нагрузке/поглощение ударных нагрузок (стойкость при повторном циклическом нагружении)	Неприменимо		Неприменимо
Модуль сдвига (жесткость)	Неприменимо		Неприменимо
Способность к вращению (способность к рецентрированию)	Для маятниковых скользящих опор: 8.3.3.3. Для скользящих опор с плоской поверхностью: 8.4.1	Нет	Данные по характеристикам
Коэффициент трения (способность к диссипации энергии)	ЕН 1337-2:2004, 4, 5, 6.1,6.5, 6.7, 7.5 или соответствующее техническое свидетельство	Температура, величина хода	Данные по характеристикам
	8.3.1.2.5	Температура, величина хода	Данные по характеристикам
	8.3.1.2.6	Нет	Выдержаны/ не выдержаны
Способность к горизонтальному смещению (горизонтальная податливость)	8.3.3.2	Нет	Данные по характеристикам
Характеристики долговечности (стойкость к старению, температуре, коррозии)	8.3.1.2.7	Нет	Выдержаны/ не выдержаны

Требование, касающееся определенной характеристики, не действует в тех странах-участниках, в которых не существует законодательных определений для данной характеристики для предусмотренного назначения продукта. В этом случае производители, стремящиеся вывести свои продукты на рынок данной страны-участника, не обязаны определять свойства их продуктов в отношении данной характеристики или сообщать его необходимые характеристики, и может использоваться опция «Характеристика не установлена» (KLF) в сопроводительной информации к маркировке CE (см. ZA.3). Однако опция «Характеристика не установлена» (KLF) не может применяться, если для характеристики указывается предельное значение, которое необходимо соблюдать.

ZA.2 Методы подтверждения соответствия антисейсмических устройств

ZA.2.1 Система (системы) подтверждения соответствия

Системы подтверждения соответствия для антисейсмических устройств согласно таблицам ZA.1.a—ZA.1.e для предусмотренного таблицами назначения и соответствующих ступеней и классов указаны в таблице M.2. Это соответствует решению комиссии 95/467/EG от 1995-10-24, как изменено решением 01/596/EC от 8 января 2001 (опубликовано в качестве документа L209 от 02.08.01) и 2002/592/EC от 15 июля 2002 (опубликовано в качестве документа L192 от 20.07.02) и указано в приложении III мандата для «Опор в строительстве».

Таблица ZA.2 — Система (системы) подтверждения соответствия

Продукт(ы)	Назначение	Ступень(и) или класс(ы)	Система(ы) свидетельства о соответствии
Антисейсмические устройства	В зданиях и инженерных сооружениях с критическими требованиями к отдельным устройствам[a]	Нет	1
	В зданиях и инженерных сооружениях с некритическими требованиями к отдельным устройствам[b]		3
Система 1: См. Директиву 89/106/EWG (BPR), приложение III, раздел 2 (i), без выборочного контроля. Система 3: См. Директиву 89/106/EWG (BPR), приложение III, раздел 2 (ii), возможность 2.			
[a] Критическими в том смысле, что эти требования в случае отказа устройства для строительной конструкции или ее части могут привести к превышению предельного состояния по эксплуатационной пригодности и несущей способности. [b] Некритическими в том смысле, что эти требования в случае отказа устройства для строительной конструкции или ее части не приведут к превышению предельного состояния по эксплуатационной пригодности и несущей способности.			

Подтверждение соответствия антисейсмических устройств согласно таблицам ZA.1.a—ZA.1.e должно основываться на методах оценки соответствия согласно таблицам ZA.3.a—ZA.3.b, которые выбираются с использованием указанных там разделов этого или других европейских стандартов.

Таблица ZA.3.a — Распределение задач по оценке соответствия антисейсмических устройств для системы 1

Наименование задачи		Содержание задачи	Применяемый раздел для оценки соответствия	Периодичность
Задачи производителя	Заводской производственный контроль	Параметры, относящиеся ко всем основным свойствам в таблице ZA.1	10.3, таблицы с 16-й по 21-ю	Два раза в год
	Дополнительные испытания образцов, взятых на заводе	Все определяющие характеристики в таблице ZA.1	10.2.2	
	Первичный контроль, проводимый производителем	Стойкость к сейсмической нагрузке/поглощение ударных нагрузок (стойкость при повторном циклическом нагружении) Характеристики долговечности (стойкость к старению, температуре, коррозии)	10.1.2	
Задачи органа по сертификации продукции	Первичные испытания и контроль	Несущая способность (сжатие и растяжение) (способность к передаче осевой нагрузки) Модуль сдвига (жесткость) Способность к вращению (способность к рецентрированию) Коэффициент трения (способность к диссипации энергии) Способность к горизонтальному смещению (горизонтальная податливость)	10.1.2	
	Первичная инспекция завода и системы заводского производственного контроля	Несущая способность (сжатие и растяжение) (способность к передаче осевой нагрузки) Модуль сдвига (жесткость) Способность к вращению (способность к рецентрированию) Коэффициент трения (способность к диссипации энергии) Способность к горизонтальному смещению (горизонтальная податливость)	10.3, таблицы с 16-й по 21-ю	

Окончание таблицы ZA.3.a

Наименование задачи		Содержание задачи	Применяемый раздел для оценки соответствия	Периодичность
Задачи органа по сертификации продукции	Текущее инспектирование, оценка и аккредитация системы заводского производственного контроля	Несущая способность (сжатие и растяжение) (способность к передаче осевой нагрузки) Модуль сдвига (жесткость) Способность к вращению (способность к рецентрированию) Коэффициент трения (способность к диссипации энергии) Способность к горизонтальному смещению (горизонтальная податливость)	10.3, таблицы с 16-й по 21-ю	Два раза в год

Таблица ZA.3.b — Распределение задач по оценке соответствия антисейсмических устройств для системы 3

Наименование задачи		Содержание задачи	Применяемый раздел для оценки соответствия
Задачи производителя	Заводской производственный контроль	Параметры, относящиеся ко всем основным характеристикам в таблице ZA.1	10.3, таблицы с 16-й по 21-ю
	Первичный контроль, проводимый производителем	Стойкость к сейсмической нагрузке/поглощение ударных нагрузок (стойкость при повторном циклическом нагружении) Характеристики долговечности (стойкость к старению, температуре, коррозии)	10.1.2
	Первичный контроль, проводимый аккредитованной лабораторией	Несущая способность (сжатие и растяжение) (способность к передаче осевой нагрузки) Модуль сдвига (жесткость) Способность к вращению (способность к рецентрированию) Коэффициент трения (способность к диссипации энергии) Способность к горизонтальному смещению (горизонтальная податливость)	10.1.2

ZA.2.2 Сертификат и Декларация соответствия ЕС

(В случае продуктов с системой 1):

Если достигнуто соответствие с условиями данного приложения, орган по сертификации выдает сертификат соответствия (сертификат соответствия ЕС), который дает право нанесения маркировки «CE». В сертификате должны содержаться следующие данные:

- название, адрес и идентификационный номер органа по сертификации; наименование и адрес производителя или его представителя на европейском экономическом пространстве и место изготовления;

Примечание 1 — Производителем также может являться лицо, которое несет ответственность за введение продукта на рынок Европейского Экономического пространства, если оно принимает на себя ответственность за нанесение маркировки «CE».

- описание продукта (вид, обозначение, применение и т. д.);
- положения, которым соответствует продукт (т. е. приложение ДА настоящего стандарта);
- особые указания по применению (например, указания по использованию при определенных условиях);
- номер сертификата;
- условия и срок действия сертификата, если актуально;
- фамилия и должность уполномоченного лица, подписавшего сертификат.

Дополнительно производитель должен предоставить декларацию соответствия ЕС, в которой указана следующая информация:

- название и адрес производителя или его представителя на европейском экономическом пространстве;

- название и адрес органа по сертификации;
- описание продукта (тип, обозначение, применение и т. д.) и копия сопроводительной информации для маркировки «СЕ»;

Примечание 2 — Если некоторые данные, требуемые для декларации соответствия, уже содержатся в сопроводительной информации к маркировке «СЕ», они могут не повторяться.

- положения, которым соответствует продукт (т. е. приложение ZA настоящего стандарта), и ссылка на протокол (протоколы) первичных испытаний и записи заводского производственного контроля (если применимо);
- особые указания по применению (например, указания по использованию при определенных условиях);
- номер соответствующего сертификата соответствия ЕС;
- фамилия и должность лица, уполномоченного для подписания декларации от имени производителя или его уполномоченного представителя.

(В случае продуктов с системой 3):

Если достигнуто соответствие с условиями данного приложения, производитель или его местный уполномоченный представитель в Европейском экономическом пространстве должен оформить декларацию соответствия (декларацию соответствия ЕС), которая дает производителю право нанесения маркировки «СЕ». В этой декларации должны содержаться следующие данные:

- название и адрес производителя или его представителя на европейском экономическом пространстве и место изготовления;

Примечание 3 — Производителем также может являться лицо, которое несет ответственность за введение продукта на рынок Европейского Экономического пространства, если оно принимает на себя ответственность за нанесение маркировки «СЕ».

- описание продукта (тип, обозначение, применение и т. д.) и копия сопроводительной информации для маркировки «СЕ»;

Примечание 4 — Если некоторые данные, требуемые для декларации соответствия, уже содержатся в сопроводительной информации к маркировке «СЕ», они могут не повторяться.

- положения, которым соответствует продукт (т. е. приложение ZA настоящего стандарта), и ссылка на протокол (протоколы) первичных испытаний и записи заводского производственного контроля (если применимо);
- особые указания по применению (например, указания по использованию при определенных условиях);
- название и адрес аккредитованной испытательной лаборатории (лабораторий);
- фамилия и должность лица, уполномоченного для подписания декларации от имени производителя или его уполномоченного представителя.

Названная выше декларация о соответствии и сертификат оформляются на официальном языке или на официальных языках той страны-участника, в которой должен применяться продукт.

ZA.3 Нанесение маркировки «СЕ» и этикетирование

Изготовитель или его постоянный уполномоченный представитель в Европейском экономическом пространстве отвечают за нанесение знака «СЕ». Наносимая маркировка «СЕ» должна отвечать требованиям Директивы ЕС 93/68/ЕЭС и быть нанесенной на само антисейсмическое устройство (или, если это невозможно — на этикетку на продукте, на его упаковку или на сопроводительные документы, например, на накладную). В дополнение к маркировке «СЕ» должны указываться следующие данные:

- идентификационный номер органа по сертификации (только для продуктов с системой 1);
- название или торговая марка в виде логотипа, а также юридический адрес производителя;
- последние две цифры года, в течение которого наносился символ;
- номер сертификата соответствия ЕС или сертификата заводского производственного контроля (если является определяющим);
- ссылка на данный европейский стандарт;
- описание продукта: общее наименование, материалы, геометрические параметры и назначение;
- данные по определяющим основным характеристикам, которые приведены в таблицах ZA.1.a—ZA.1.e:
- в форме декларируемых значений, или если являются определяющими в форме ступеней или классов (включая «Выдержано» при наличии соответствующих требований при необходимости), для всех основных характеристик, как указано в колонке «Примечания/вид объявления» таблиц ZA.1.a—ZA.1.e;
- в форме «Характеристика не установлена» для свойств, для которых это является определяющим;
- альтернативно в форме стандартных обозначений или всех определяющих характеристик (если обозначение относится только к некоторым характеристикам, оно должно быть дополнено номинальными значениями для других характеристик, как указано выше).

Опция «Характеристика не установлена» (KLF) не может применяться, если для характеристики указано обязательное предельное значение. И, напротив, опция «KFL» может использоваться, если характеристика для определенного назначения не является предметом законодательных требований.

ZA.3.1 Указание характеристик продукта

Метод 2 служит для определения характеристик, относящихся к основным требованиям «Стойкость к механическим воздействиям и устойчивость» и «Огнестойкость» (если является определяющим).

На рисунке ZA.1 показан пример маркировки «CE» согласно методу 2.

Примечание — Метод 2 служит для указания характеристик продукта, которые определены согласно данному стандарту и Еврокодами. Метод 1 обычно включает маркировку «CE» для опор в строительстве на основании декларирования геометрических параметров и характеристиках материалов и компонентов. Этот метод в общем случае не применяется для антисейсмических устройств.

CE	Маркировка соответствия «CE», состоящая из знака «CE» согласно директиве 93/68/ЕЭС
01234	Идентификационный номер органа по сертификации (только для системы 1)
AnyCo Ltd, PO Box 21, B-1050	Название или логотип, а также юридический адрес производителя
09	Последние две цифры года, в течение которого наносился символ
01234-CPD-00234	Номер сертификата (только для системы 1)
EN 15129	Номер стандарта
Устройства с жестким соединением	
Стойкость к сейсмической нагрузке / поглощение ударных нагрузок **3000 кН**	Описание продукта и данные по характеристикам, к которым предъявляются законодательные требования
Способность к вращению **± 0,035 рад**	
Способность к горизонтальному смещению **± 200 мм**	
Долговечность: **Соответствует стандарту**	

Рисунок ZA.1 — Пример маркировки «CE» согласно методу 2

ZA.3.2 Декларирование соответствия заданной проектной спецификации

Метод 3 служит для определения характеристик, относящихся к основным требованиям «Стойкость к механическим воздействиям и устойчивость» и «Огнестойкость» (если являются определяющим).

Метод 3 действителен для следующих ситуаций:

a) в случаях, когда несущий конструктивный элемент или комплект элементов изготавливается по техническому заданию (чертежи, требования относительно материалов и т. д.), составленному ответственным инженером-проектировщиком;

b) в случаях, когда производитель изготавливает несущий конструктивный элемент или комплект элементов в соответствии с техническими требованиями и положениями, указанными в заказе клиента.

На рисунках ZA.2.a—ZA.2.d и ZA.3 показаны примеры маркировки «CE» для антисейсмических устройств для случая, когда продукт был изготовлен в соответствии с проектной спецификацией, в которой характеристики,

относящиеся к стойкости к механическим воздействиям и устойчивости были определены на основании предписаний по проектированию, действующих для конструкции.

С учетом соответствующей таблицы ZA.1 должны быть указаны следующие характеристики:

- несущая способность (сжатие и растяжение) (способность к передаче осевой нагрузки);
- стойкость к сейсмической нагрузке/поглощение ударных нагрузок (стойкость при повторном циклическом нагружении);
- модуль сдвига (жесткость);
- способность к вращению (способность к рецентрированию);
- коэффициент трения (способность к диссипации энергии);
- способность к горизонтальному смещению (горизонтальная податливость);
- характеристики долговечности (стойкость к старению, температуре, коррозии).

Примечание — Этот метод применяется для случаев, которые не попадают под действие метода 1 (для типовых и серийно изготавливаемых продуктов; такой метод, скорее всего, не применим для антисейсмических устройств) и метода 2.

CE 01234	Маркировка соответствия «CE», состоящая из знака «CE» согласно директиве 93/68/ЕЭС Идентификационный номер органа по сертификации (только для системы 1)
AnyCo Ltd, PO Box 21, B-1050 **09** 01234-CPD-00234	Название или логотип, а также юридический адрес производителя Последние две цифры года, в течение которого наносился символ Номер сертификата (только для системы 1)
EN 15129 **Устройства с жестким соединением** **Стойкость к сейсмической нагрузке / поглощение ударных нагрузок** **3000 кН** **Способность к вращению** **± 0,035 рад** **Способность к горизонтальному смещению** **± 200 мм** **Долговечность:** **Соответствует стандарту**	Номер стандарта Описание продукта и данные по характеристикам, к которым предъявляются законодательные требования

Рисунок ZA.2.a — Пример маркировки «CE» согласно методу 3 для системы 1

CE	Маркировка соответствия «CE», состоящая из знака «CE» согласно директиве 93/68/ЕЭС
01234	Идентификационный номер органа по сертификации (только для системы 1)
AnyCo Ltd, PO Box 21, B-1050	Название или логотип, а также юридический адрес производителя
09	Последние две цифры года, в течение которого наносился символ
01234-CPD-00234	Номер сертификата (только для системы 1)
EN 15129	Номер стандарта
Жидкостный демпфер	
Несущая способность — **Соответствует стандарту**	Описание продукта и данные по характеристикам, к которым предъявляются законодательные требования
Стойкость к сейсмической нагрузке / поглощение ударных нагрузок — **1000 кН**	
Способность к вращению — **± 0,035 рад**	
Способность к горизонтальному смещению — **± 300 мм**	
Долговечность: — **Соответствует стандарту**	

Рисунок ZA.2.b — Пример маркировки «CE» согласно методу 3 для системы 1

CE 01234	Маркировка соответствия «CE», состоящая из знака «CE» согласно директиве 93/68/ЕЭС Идентификационный номер органа по сертификации (только для системы 1)
AnyCo Ltd, PO Box 21, B-1050 **09** 01234-CPD-00234	Название или логотип, а также юридический адрес производителя Последние две цифры года, в течение которого наносился символ Номер сертификата (только для системы 1)
EN 15129 **Жидкостно-пружинный демпфер** **Несущая способность** **Соответствует стандарту** **Стойкость к сейсмической нагрузке / поглощение ударных нагрузок** **2000 кН** **Жесткость** **7000 кН/м** **Способность к вращению** **± 0,035 рад** **Способность к горизонтальному смещению** **± 300 мм** **Долговечность:** **Соответствует стандарту**	Номер стандарта Описание продукта и данные по характеристикам, к которым предъявляются законодательные требования

Рисунок ZA.2.c — Пример маркировки «CE» согласно методу 3 для системы 1

CE 01234	Маркировка соответствия «CE», состоящая из знака «CE» согласно директиве 93/68/ЕЭС Идентификационный номер органа по сертификации (только для системы 1)
AnyCo Ltd, PO Box 21, B-1050 **09** 01234-CPD-00234	Название или логотип, а также юридический адрес производителя Последние две цифры года, в течение которого наносился символ Номер сертификата (только для системы 1)
EN 15129 **Маятниковая скользящая опора** **Несущая способность** **5400 кН** **Способность к вращению** **± 0,01 рад** **Коэффициент трения** **0,05** **Способность к горизонтальному смещению ±** **0,5 мм** **Долговечность:** **Соответствует стандарту**	Номер стандарта Описание продукта и данные по характеристикам, к которым предъявляются законодательные требования

Рисунок ZA.2.d — Пример маркировки «CE» согласно методу 3 для системы 1

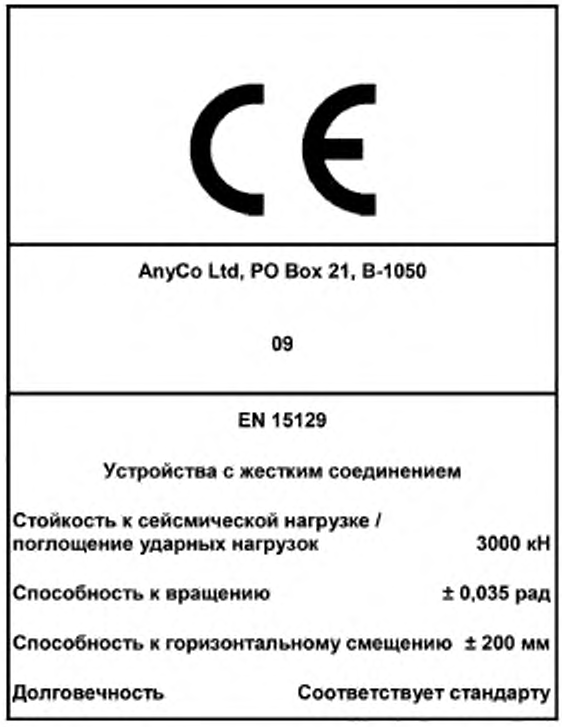


Рисунок ZA.3 — Пример маркировки «CE» согласно методу 3 для системы 3

Дополнительно ко всем вышеуказанным данным, касающимся опасных веществ, к продукту должны быть приложены (если требуется и в соответствующей форме) документы, в которых приведены все остальные законодательные определения о данных веществах, соблюдение которых является необходимым, а также вся информация, требующаяся на основе указанных законодательных определений.

Примечание 1 — Европейские законодательные положения без отклонения от национальных положений указывать не обязательно.

Примечание 2 — Если продукт попадает под действие более чем одной директивы, нанесения маркировки «CE» означает, что этот продукт соответствует всем действующим директивам.

Приложение ДА
(справочное)

Сведения о соответствии ссылочных международных и европейских стандартов национальным стандартам и действующим в этом качестве межгосударственным стандартам

Таблица ДА.1

Обозначение ссылочного европейского, международного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование соответствующего национального, межгосударственного стандарта
EN 1090-2:2011	IDT	ГОСТ Р 2021—2016/EN1090-2:2011 «Изготовление стальных и алюминиевых конструкций. Технические требования к стальным конструкциям»
EN 1337-1:2000	NEQ	ГОСТ 32020—2012 «Опорные части резиновые для мостостроения. Технические условия»
EN 1337-2	—	*
EN 1337-3:2005	NEQ	ГОСТ 32020—2012 «Опорные части резиновые для мостостроения. Технические условия»
EN 1337-4	—	*
EN 1337-5	—	*
EN 1337-6	—	*
EN 1337-7	—	*
EN 1337-8	—	*
EN 1337-9	—	*
EN 1337-10	—	*
EN 1337-11	NEQ	ГОСТ 32020—2012 «Опорные части резиновые для мостостроения. Технические условия»
EN 1337:2011	—	*
EN 1990:2002	—	*
EN 1998	—	*
EN 10025	—	*
EN 10083	—	*
EN 10088	—	*
EN 10204:2004	—	*
EN ISO 4526	—	*
EN ISO 6158	—	*
ISO 34	—	*
ISO 37	IDT	ГОСТ ИСО 37—2013 «Резина или термопластик. Определение упругопрочностных свойств при растяжении»
ISO 48	—	*
ISO 188	—	ГОСТ ИСО 188—2013 «Резина или термоэластопласты. Испытания на ускоренное старение и теплостойкость»

Окончание таблицы ДА.1

Обозначение ссылочного европейского, международного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование соответствующего национального, межгосударственного стандарта
ISO 815	—	*
ISO 898-1:2013	IDT	ГОСТ ИСО 898-1—2014 «Механические свойства крепежных изделий из углеродистых и легированных сталей. Часть 1. Болты, винты и шпильки установленных классов прочности с крупным и мелким шагом резьбы»
ISO 898-2:2012	IDT	ГОСТ Р ИСО 898-2—2013 «Механические свойства крепежных изделий из углеродистых и легированных сталей. Часть 2. Пайки установленных классов прочности с крупным и мелким шагом резьбы»
ISO 1083	—	*
ISO 3755	—	*
ISO 4664	—	*

* Соответствующий национальный стандарт отсутствует. До его утверждения рекомендуется использовать перевод на русский язык данного европейского, международного стандарта.

В настоящем стандарте использованы следующие условные обозначения степени соответствия стандартов:

- IDT — идентичные стандарты;
- NEQ — неэквивалентные стандарты.

Библиография

[1] Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance — Part 3: Assessment and retrofitting of buildings [Еврокод 8. Правила расчета с учетом сейсмостойкости строительных конструкций. Часть 3. Оценка и модернизация зданий (предусмотрен в качестве замены ENV1998-1-4:1996)]

[2] EN 1998-4 Eurocode 8 — Design of structures for earthquake resistance — Part 4: Silos, tanks and pipelines (Еврокод 8. Правила расчета с учетом сейсмостойкости строительных конструкций. Часть 4. Шахты, хранилища и трубопроводы)

[3] EN 1998-5:2004 Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance — Part 5: Foundations, retaining structures and geotechnical aspects (Еврокод 8. Правила расчета с учетом сейсмостойкости строительных конструкций. Часть 5. Фундаменты, подпорные стенки и геотехнические аспекты)

[4] CEN EN 1998-6 Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance — Part 6: Towers, masts and chimneys (Еврокод 8. Правила расчета с учетом сейсмостойкости строительных конструкций. Часть 6. Башни, мачты и дымовые трубы)

[5] EN 10137-1-1995 Plates and wide flats made of high yield strength structural steels in the quenched and tempered or precipitation hardened conditions — Part 2: Delivery conditions for quenched and tempered steels (Сталь толстолистовая и широкополосная конструкционная с высоким пределом текучести в закаленном и отпущенном состоянии или состоянии дисперсионного твердения. Часть 2. Состояние поставки для закаленной и отпущенной стали)

[6] EN 10137-1:1995 Plates and wide flats made of high yield strength structural steels in the quenched and tempered or precipitation hardened conditions — Part 1: General delivery conditions (EN 10137-1, Сталь толстолистовая и широкополосная конструкционная с высоким пределом текучести в закаленном и отпущенном состоянии или состоянии дисперсионного твердения. Часть 1. Общие условия поставки)

[7] EN 10137-2:1995Plates and wide flats made of high yield strength structural steels in the quenched and tempered or precipitation hardened conditions — Part 2: Delivery conditions for quenched and tempered steels (Сталь толстолистовая и широкополосная конструкционная с высоким пределом текучести в закаленном и отпущенном состоянии или состоянии дисперсионного твердения. Часть 2. Условия поставки для закаленной и отпущенной стали)

[8] EN 10137-3:1995 Plates and wide flats made of high yield strenght structural steels in the quenched and tempered or precipitation hardened conditions — Part 3: Delivery conditions for precipitation hardened steels (Сталь толстолистовая и широкополосная конструкционная с высоким пределом текучести в закаленном и отпущенном состоянии или состоянии дисперсионного твердения. Часть 3. Условия поставки для дисперсионно-твердеющей стали)

[9] EN 1337-4 Structural bearings — Part 4: Roller bearings; EN 1337-4 Berichtigung 1 (Подшипники конструкционные. Часть 4. Роликовые подшипники)

[10] EN 1337-5 Structural bearings — Part 5: Pot bearings (Подшипники конструкционные. Часть 5. Подшипники с опорой на цилиндрическую опорную поверхность)

[11] EN 1337-6:2004 Structural bearings — Part 6: Rocker bearings (Подшипники конструкционные. Часть 6. Шарнирные опоры)

[12] EN 1337-9 Structural bearings — Part 9: Protection (Подшипники конструкционные. Часть 9. Защита)

[13] ISO 6446 Rubber products. Bridge bearings. Technical requirements for rubber (Изделия резиновые. Опорные части пролетного строения моста. Технические условия на резину)

[14] James M. Kelly, Earthquake-Resistant Design with Rubber (Джеймс М. Келли, Сейсмостойкое проектирование с использованием резиновых элементов. 2-е издание, издательство «Springer», Лондон)

[15] Gent, A.N., Lindley, P.B. (1959) The compression of bonded rubber blocks. Proc. Instn Mech. Eng, Vol. 173, No. 3, pp. 111—122 (Джент, А.Н., Линдли, П.Б. (1959). Сжатие связанных резиновых блоков)

УДК 667.622.114.8:006.354 ОКС 87.060.10

Ключевые слова: опоры эластомерные, рабочие характеристики опоры, технические требования, методы испытаний, приемка, транспортирование, хранение

Редактор *Т.Т. Мартынова*
Технический редактор *В.Ю. Фотиева*
Корректор *Л.Я. Митрофанова*
Компьютерная верстка *Е.А. Кондрашовой*

Сдано в набор 23.12.2016. Подписано в печать 30.01.2017. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 15,81. Уч.-изд. л. 14,22. Тираж 28 экз. Зак. 244.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Издано и отпечатано во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4.
www.gostinfo.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru