



**РОССИЙСКАЯ АССОЦИАЦИЯ ПО СЕЙСМОСТОЙКОМУ СТРОИТЕЛЬСТВУ
И ЗАЩИТЕ ОТ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ РИСКОВ**



**ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ АРХИТЕКТУРЫ И ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВА
КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
по проектированию сейсмоизоляции
с применением резинометаллических опор**

Авторы – разработчики:

Айзенберг Я.М., д.т.н., профессор, почётный член РААСН, заслуженный деятель науки РФ, почётный строитель России, президент Ассоциации

Смирнов В.И., к.т.н., доцент, вице-президент Ассоциации

Акбиев Р.Т., к.т.н., исполнительный директор Ассоциации

Москва - 2008

Предисловие

Сведения о документе

1 РАЗРАБОТАН И УТВЕРЖДЕН

Российской ассоциацией по сейсмостойкому строительству и защите от природных и техногенных воздействий (РАСС)

коллективом в составе:

Айзенберг Я.М., д.т.н., профессор, почетный член РААСН, заслуженный деятель науки РФ, почетный строитель России;

Смирнов В.И., к.т.н., доцент;

Акбиев Р.Т., к.т.н.

в рамках реализации региональной целевой программы «Сейсмобезопасность территории Кемеровской области».

2 СОГЛАСОВАН научно-консультационным советом по реализации региональной целевой программы «Сейсмобезопасность территории Кемеровской области» при Главном управлении архитектуры и градостроительства Кемеровской области

3 ИЗДАН впервые

Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в научно-технических изданиях «Град Инфо» и «Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений».

Настоящий стандарт является объектом исключительных прав (интеллектуальной собственности) и не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания или в составе иного нормативного документа.

В соответствии с законом РФ от 9 июля 1993 года № 5351-1 «Об авторском праве и смежных правах» с изменениями от 19 июля 1995 года, 20 июля 2004 года указанные действия могут осуществляться третьими лицами только с письменного согласия правообладателя.

1 Область применения

1.1 Настоящие рекомендации разработаны в развитие положений действующих нормативных технических документов в области сейсмостойкого строительства, касающихся применения сейсмоизоляции и других систем регулирования сейсмической реакции сооружения.

1.2 В документе содержатся рекомендации по устройству одного из возможных технических решений сейсмоизоляции с применением резинометаллических опор (далее – РМСО), в основе технологии изготовления которых лежит применение многослойных резиновых и стальных пластин со свинцовыми сердечниками.

Деформирование РМСО при воздействии землетрясений и других динамических воздействий способствует поглощению энергии вынужденных колебаний строительных конструкций и объекта в целом.

1.3 Рекомендации направлены на обеспечение сейсмостойкости объекта и безопасности людей во время его строительства и дальнейшей эксплуатации.

1.4 Рекомендации по системе сейсмоизоляции в виде РМСО сформированы из предположения, что при землетрясениях расчетной интенсивности в несущих конструкциях допускается развитие локальных повреждений элементов, не приводящих к обрушению объекта.

1.5 Рекомендации следует соблюдать при разработке проектной документации на строительство объектов с системой сейсмоизоляции.

1.6 Объект, составляющие его конструкции и отдельные элементы должны удовлетворять требованиям, содержащимся в нормативных технических документах и проектной документации.

2 Нормативные ссылки

2.1 При разработке рекомендаций использованы следующие нормативные технические документы, на которые в тексте имеются соответствующие ссылки.

2.1.1 ГОСТ 8.326-89. ГСИ. Метрологическая аттестация средств измерений.

2.1.2 ГОСТ 26433.0-85. Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. Правила выполнения измерений. Общие положения.

2.1.3 ГОСТ 26433.1-89. Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. Правила выполнения измерений. Элементы заводского изготовления.

2.1.4 ГОСТ 21779-82. Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. Технологические допуски.

2.1.5 ГОСТ 23616-79*. Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. Контроль точности.

2.1.6 Официальные термины и определения в строительстве, архитектуре и жилищно-коммунальном хозяйстве. – М.: Минрегион России, Росстрой, ВНИИТПИ, 2007.

2.1.7 СНиП II-7-81* «Строительство в сейсмических районах» (изд. 2004 г.).

2.1.8 СНиП II-23-81*. Стальные конструкции.

2.1.9 СП 31-114-2004. Правила проектирования жилых и общественных зданий в сейсмических районах;

2.1.10 СТО XX-51-□□. Строительство и реконструкция в сейсмических районах. Системы сейсмоизоляции. Общие положения и технические требования.

2.1.11 ISO 630: 1995. Стали для строительных конструкций - пластины, широкая листовая сталь, полосовая сталь, гнутопрофильная и прокатная сталь.

2.1.12 ISO 1052: 1983. Стали для общих инженерных целей

2.1.13 ISO 1629: Резина и латексы – номенклатура

2.1.14 ISO 2768-1: 1989. Основные допуски – Часть I. Допуски для линейных и угловых размеров без обозначения индивидуальных допусков.

2.1.15 ISO 3302-1: 1996. Допуски для шаблонов.

2.1.16 ISO CD 22762. Резинометаллические опоры - Часть I. Методы испытаний.

2.1.17 ISO CD 22762. Резинометаллические опоры - Часть 3. Инструкция для зданий – Технические условия.

2.2 В случае исключения из числа действующих документов, на которые дается ссылка в настоящем стандарте, следует руководствоваться нормами, введенными взамен исключенных.

3 Термины и определения

3.1 В настоящих рекомендациях применены официальные термины и определения в строительстве, архитектуре и коммунальном хозяйстве [2.1.6], специальные термины и их определения, приведенные в [2.1.10].

3.2 Дополнительно применяются следующие понятия.

PMCO - резинометаллическая опора для сейсмической изоляции объекта, которая состоит из многослойной вулканизированной резины и стальных пластин.

PMCO с высоким затуханием – резинометаллическая опора с высокими демпфирующими свойствами (со свинцовым сердечником).

PMCO из натуральной резины – резинометаллическая опора, у которой внутренние слои, в основном, состоят из натуральной резины.

PMCO из хлоропреновой резины - резинометаллическая опора, у которой внутренние слои, в основном, состоят из хлоропреновой резины.

PMCO со свинцовым сердечником - резинометаллическая опора, у которой внутренняя резина, в основном, содержит натуральную резину со свинцовыми вставками или свинцовыми сердечниками, вставленными в отверстие или отверстия тела изолятора, для улучшения демпфирующих свойств.

Внутренняя резина - резина между многими слоями стальных пластин внутри PMCO.

Внешняя резина - внешняя резина, покрывающая внутреннюю резину и стальные пластины PMCO с целью защиты внутренних слоев от взаимодействия с кислородом, ультрафиолетовыми лучами и другими природными воздействиями.

Первый фактор поверхности - отношение эффективно нагруженной площади внутренней резиновой пластины к свободной от нагрузки поверхностной площади.

Второй фактор поверхности - отношение диаметра пластины внутренней резины круглой опоры (толщина внешнего слоя резины исключается) к их общей толщине.

Сдвиговые характеристики PMCO - обобщающий термин включает: горизонтальную жесткость (K_n) и коэффициент эквивалентного демпфирования (h_{eq}) для PMCO с высоким демпфированием, жесткость за пределом упругости (K_d) и поперечную нагрузку (Q_d) для PMCO со свинцовым сердечником.

Характеристики на сжатие PMCO. Жесткость на сжатие (K_v).

Потеря устойчивости при сжатии (выпучивание). Текучесть при сжатии, быстрое снижение свойств PMCO при наступлении этого события.

Разрушение. Разрушение PMCO во время сжатия (или растяжения) при горизонтальной нагрузке.

Испытательное оборудование на сжатие-сдвиг. Оборудование, используемое для испытания PMCO, у которого имеется возможность горизонтального нагружения при постоянной сжимающей силе.

Тип испытания. Испытание для определения свойств материалов и поведения изолятора при разработке изделия.

Стандартное испытание. Испытание с целью качественного контроля производства РМСО во время и после изготовления.

Номинальное сжимающее напряжение. Сжимающее напряжение при длительном нагружении, включающее резерв безопасности, рекомендуемое изготовителем для РМСО.

Максимальное сжимающее напряжение. Максимальное сжимающее напряжение, действующее короткое время на РМСО во время землетрясения.

Эффективно загруженная площадь. Площадь РМСО, воспринимающего вертикальную нагрузку, которая соответствует площади стальных пластин.

Предельные характеристики. Потеря устойчивости или разрушение РМСО при сжимающих и горизонтальных нагружениях, действующих одновременно.

Диаграмма предельного состояния. Зависимость, учитывающая сжимающие, изгибные и сдвиговые напряжения при разрушении РМСО.

4 Обозначения и соответствующие им определения

Символ	Определение
A	площадь в плане РМСО, исключая внешний слой покрытия
A _р	рабочая площадь болта
A _е	частично перекрытая площадь между верхом РМСО и низом площади ее расположения
A _{free}	свободная от нагружения площадь РМСО
A _{load}	нагруженная площадь РМСО
A _р	площадь свинцового вкладыша для РМСО со свинцовым сердечником
B	эффективная ширина для изгибаемых соединительных пластин
C _{kd} (γ)	корректирующий фактор жесткости за пределом упругости РМСО со свинцовым сердечником
c	расстояние от центра болтового отверстия до эффективной части соединительной пластины
D'	внешний диаметр цилиндрического изолятора, включая толщину внешнего покрытия
D _f	диаметр соединительной пластины
d _i	внутренний диаметр стальной пластины
d _k	диаметр болтового отверстия
d _o	внешний диаметр стальной пластины
E _{ар}	модуль Юнга внутреннего листа резины
E _с	модуль Юнга скорректированный с объемным модулем упругости
E _∞	объемный модуль резины
E ₀	модуль Юнга резины
F _u	сила растяжения на РМСО при подъеме
F	частота колебаний, полученная при испытании
G	модуль сдвига
G _{eq} (γ)	эквивалентный модуль сдвига, зависящий от сдвиговых напряжений
H	высота резинометаллического изолятора, включая высоту соединительных пластин
H _f	высота резинометаллического изолятора, за исключением высоты соединительных пластин
h _{eq}	эквивалентный коэффициент демпфирования
h _{eq} (γ)	эквивалентный коэффициент демпфирования, зависящий от сдвигового напряжения
K _d	жесткость за пределом упругости (тангенциальная жесткость после наступления пластичности свинцового сердечника) РМСО со свинцовым сердечником
K _n	сдвиговая жесткость
K _р	сдвиговая жесткость свинцового сердечника
K _f	сдвиговая жесткость опоры без свинцового сердечника
K _v	вертикальная жесткость
L _f	длина одной стороны квадратной соединительной пластины
L _i	длина от отверстия i-го болта до нейтральной линии
M	момент сопротивления кручению
M _f	изгибающий момент на эффективную часть соединительной пластины
M _f	момент, прикладываемый к болту
M _f	момент, прикладываемый к изолятору

n	количество слоев резины
n_b	количество болтов для крепления
n_d	количество болтовых отверстий в стальной пластине изолятора
P	сжимающая сила
P_{max}	максимальная сжимающая сила, действующая на изолятор во время землетрясения
Q	поперечная сила
Q_b	поперечная сила при разрушении
Q_{buk}	поперечная сила при потере устойчивости (выпучивание)
Q_d	поперечная сила, действующая на опоры со свинцовым сердечником
S_1	1-й фактор поверхности
S_2	2-ой фактор поверхности
T	растягивающая сила на фиксирующий болт
T_{max}	максимальная сила растяжения на изолятор
T_r	общая толщина резиновых пластин $T_r = n \times t_r$
t_f	толщина соединительной пластины
t_r	толщина одного слоя резины
t_{r1}, t_{r2}	толщина резинового слоя, покрывающего опору с обеих сторон
t_s	толщина одной стальной пластины
t_0	толщина внешнего слоя покрытия
V	поднимающая сила
v	нагружаемая норма (скорость)
W_d	энергия диссипации за 1 цикл
X	горизонтальные перемещения
X_b	горизонтальные перемещения при разрушении (при сжатии)
X_{buk}	горизонтальные перемещения при потере устойчивости (выпучивание)
δ_z	вертикальные перемещения при сжатии
Z	момент сопротивления сечения соединительной пластины
α	переменные параметры
β	переменные параметры
γ	сдвиговые напряжения
γ_0	рекомендуемые сдвиговые напряжения
γ_a	верхнее предельное значение общих расчетных напряжений резинометаллических опор
γ_b	сдвиговые напряжения при разрушении
γ_{bt}	сдвиговые напряжения в момент разрушения при испытании образца на сдвиг
γ_{br}	сдвиговые напряжения в момент разрушения полноразмерного резинометаллического РМСО
γ_c	расчетное напряжение во время сжимающей силы
γ_r	расчетное напряжение во время кручения
γ_s	сдвиговое напряжение во время сдвиговых деформаций
γ_u	предельные сдвиговые напряжения
δ_Q	амплитуда сжимающих напряжений
δ_H	горизонтальное отклонение РМСО
δ_v	разница высоты изолятора между точками, расположенными под углом 180°
ε	сжимающие деформации РМСО
ε_T	растягивающие деформации РМСО
ε_{Tb}	деформации растяжения–разрыва РМСО
ε_{Tu}	деформации растяжения при наступлении пластичности РМСО
ζ	отношение общей высоты резины к общей высоте слоев резины и стальных пластин
λ	текущие параметры
ν	текущие параметры
η	корректирующий фактор для расчета критических напряжений
κ	корректирующий фактор реального модуля Юнга в соответствии с жесткостью
ρ_m	фактор надежности при проверке прочности стальной пластины
$\Sigma\gamma$	суммарные расчетные напряжения
σ	сжимающие напряжения РМСО
σ_0	эквивалентные нормативные сжимающие напряжения
σ_B	растягивающие напряжения болта
σ_b	изгибные напряжения соединительных пластин

σ_{bf}	допускаемые изгибные напряжения стали
σ_{cr}	критические напряжения РМСО
σ_f	допускаемые растягивающие напряжения стали
σ_{max}	максимальные сжимающие напряжения, действующие на РМСО во время землетрясения
σ_{nom}	номинальные сжимающие напряжения при длительных нагружениях, рекомендуемые фирмой - изготовителем
$\sigma_{Гу}$	допускаемые растягивающие напряжения РМСО
σ_s	растягивающие напряжения стальной пластины
σ_{sa}	допускаемые напряжения растяжению стали
σ_{sy}	напряжения текучести стали соединительных пластин и стальных пластин
σ_{su}	растягивающие напряжения стали для соединительных и стальных пластин
$\sigma_{Тб}$	напряжения растяжения-разрыва РМСО
$\sigma_{Ту}$	напряжения растяжения-текучести РМСО
σ_l	напряжения растяжения
σ_x	стандартные отклонения отношения напряжений разрушения масштабного РМСО при испытании образцов на сдвиг
σ_{vi}	напряжение текучести стальной пластины
τ_B	сдвиговые напряжения болта
τ_f	допускаемые сдвиговые напряжения стали
ϕ	текущий параметр
Ψ	фактор для расчета изгибной проверки
ω	фактор для расчета вертикальных перемещений во время сжимающей силы
ξ	коэффициент, зависящий от формы РМСО

6 Описание резинометаллических опор

6.1 Общие сведения*.

6.1.1 РМСО представляет собой слоистую конструкцию, общий вид которой представлен на рисунке 1.

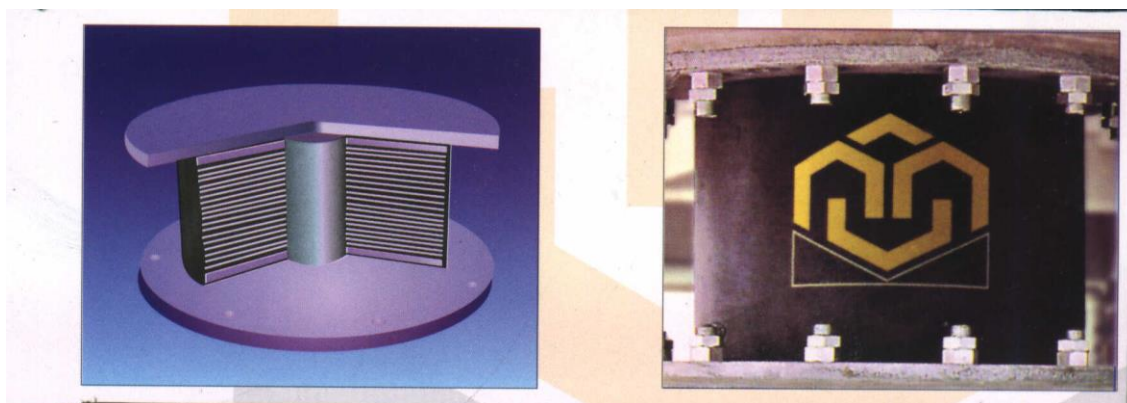


Рисунок 6 - Общий вид резинометаллической сейсмоизолирующей опоры

6.1.2 РМСО изготавливают из высококачественной резины и стальных пластин со связующим веществом по технологии, включающей внутреннюю натуральную резину, наружную хлоропреновую резину и добавки.

6.1.2.1 Сталь используется в резинометаллической опоре в виде: внутренних пластин, фланцевых пластин и соединительных пластин.

6.1.2.2 При изготовлении чередуются внутренние слои резины толщиной от 3.0 до 8.0 мм со стальными пластинами толщиной от 1.5 до 4.0 мм. Количество слоев резины может быть от 20 до 40, количество стальных пластин от 19 до 39.

6.1.2.1 Верхняя и нижняя соединительная пластины РМСО изготавливаются толщиной 10 - 40 мм и необходимы для крепления к фундаменту и надпорным конструкциям.

6.1.2.3 Фланцевые пластины толщиной 10-20 мм необходимы для крепления к соединительным пластинам.

6.1.2.4 Соединительные пластины каждой РМСО покрыты эпоксидной смолой (антикоррозийная защита).

6.1.3 На объектах могут использоваться три типа РМСО:

- с дополнительными демпферами;
- с повышенным демпфированием;
- со свинцовыми сердечниками.

6.1.4 РМСО третьего типа (со свинцовым сердечником) является одной из последних разработок, комплексно выполняя три функции: восприятие вертикальной нагрузки, горизонтальную податливость и гистерезисное затухание.

6.1.5 РМСО выпускаются со стандартными параметрами, в зависимости от проектной нагрузки (как правило, от 280 кН (28 тс) до 16000 кН (1600 тс)).

6.1.6* Тип РМСО выбирают по каталогам фирмы – производителя в соответствии с техническим заданием заказчика по согласованию с проектной организацией, исходя из конкретных условий размещения опоры на фундаменте, несущих конструкций и других особенностей объекта.

* **Примечание:** В настоящих методических рекомендациях подходы к подбору РМСО показаны на примере продукции фирмы «Shantou Vibro Tech Industrial and Development Co Ltd. (VIBRO)», имеющей опыт работы в России. При выборе продукции других производителей необходимо действовать по аналогии с предложенным алгоритмом.

6.2 Классификация РМСО

6.2.1 Резинометаллические опоры классифицируют:

- в зависимости от демпфирующих характеристик,
- по типу конструктивного решения;
- по несущей способности.

6.2.2 В зависимости от демпфирующих характеристик различают РМСО с низким и высоким демпфированием (см. рисунок 2).

6.2.2.1 Схема образования обобщенной гистерезисной петли из составляющих элементов опоры приведена на рисунке 3.

6.2.2.2 Для устройства сейсмоизоляции на объектах рекомендуются опоры с высоким демпфированием (со свинцовыми сердечниками),

6.2.3 По конструктивному решению (см. таблицу 1) различают следующие типы опор:

6.2.3.1 В опорах первого типа фланцевые пластины закреплены непосредственно к слоистой резине при вулканизации;

6.2.3.2 Металлические фланцы опор второго типа монтируют сверху многослойной опоры при помощи крепежных болтов;

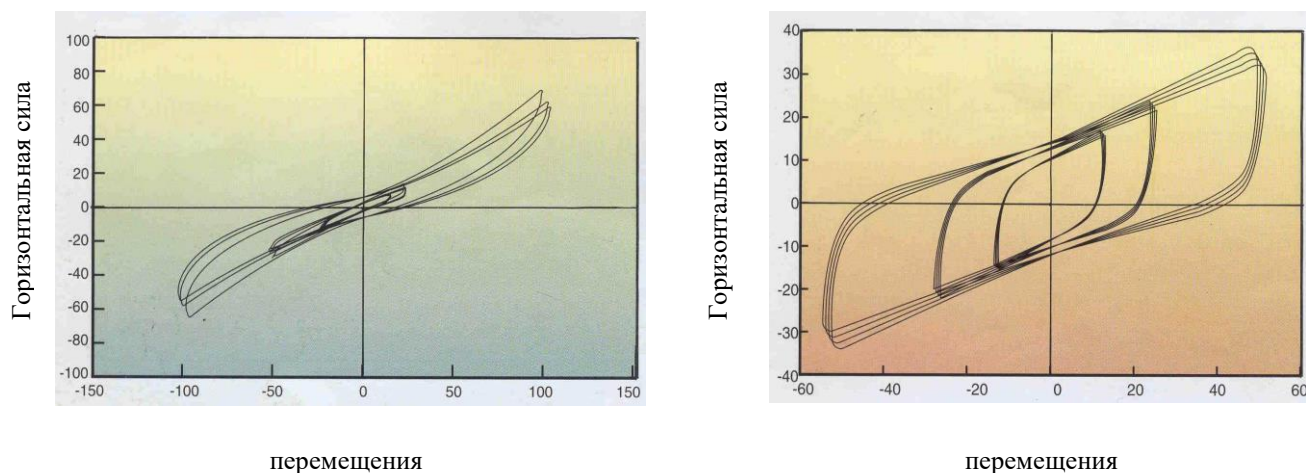


Рисунок 2 - Гистерезисные петли опор с низким и высоким демпфированием

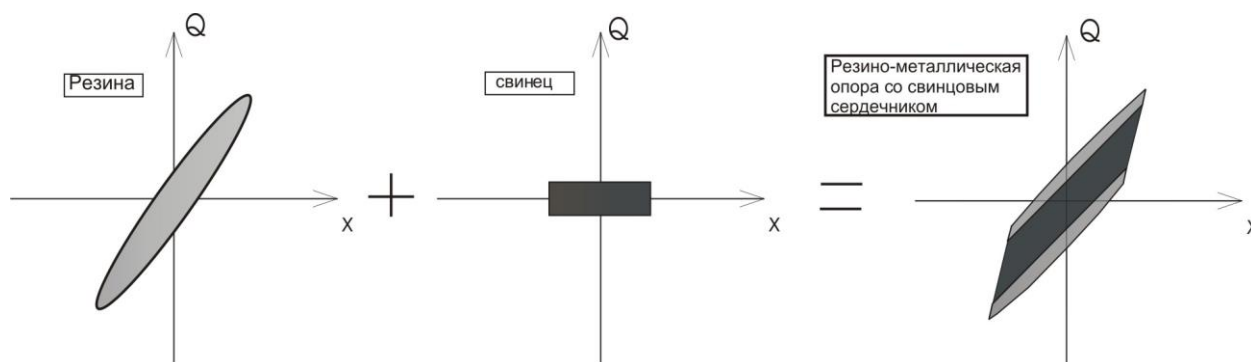


Рисунок 3 - Зависимости «горизонтальная сила – перемещение» для состава опор
 а – упругий материал (сталь) с линейным затуханием;
 б – пластичский материал (резина);
 в – сочетание упругого и пластического материалов (сталь + резина).

6.2.3.3 Опоры третьего типа выпускаются без фланцев и присоединяются к несущим конструкциям в виде потайных колец или шпонок.

6.2.3.4 Выбор конструктивного решения РМСО для использования в конкретном проекте осуществляется с учетом следующего:

6.2.4.1 Опоры первого конструктивного типа является более надежным с точки зрения восприятия горизонтальной нагрузки;

6.2.4.2 Опоры второго и третьего конструктивного типа используют при относительно небольших вертикальных нагрузках.

6.2.5 Принципы классификации опор *по несущей способности* приведены в таблице 2, где предельные параметры элементов описаны в зависимости от сжимающих и сдвиговых напряжений.

6.2.5.1 Предельное состояние (несущая способность) РМСО характеризуется как потеря устойчивости при продольном изгибе, либо ее разрушение.

Таблица 1 - Классификация опор в зависимости от конструкции

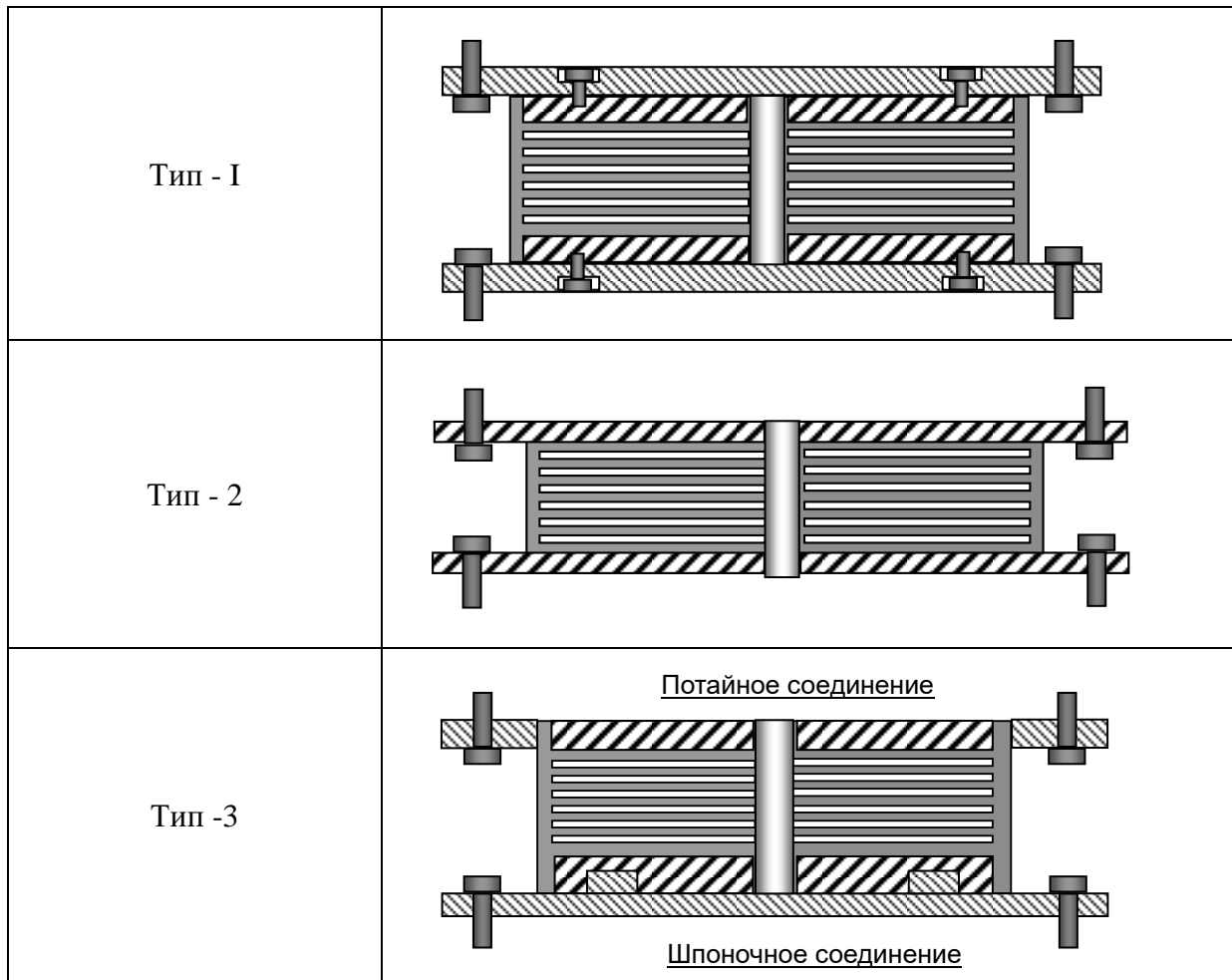


Таблица 2 - Классификация резинOMETаллических изоляторов по предельным параметрам

Предельные сдвиговые напряжения	$\gamma_u < 150\%$	$150\% \leq \gamma_u < 200\%$	$200\% \leq \gamma_u < 250\%$	$250\% \leq \gamma_u < 300\%$	$300\% \leq \gamma_u < 350\%$	$350\% \leq \gamma_u$
Класс	A	B	C	D	E	F

Примечание. В соответствии с номенклатурой изготовителя обозначение опор типа **N12D** относится к классу **D** (предельные сдвиговые напряжения $\gamma_u = 250\%$), а цифра 12 означает: $\sigma_{ном} = 12$ МПа.

6.2.5.2 Несущая способность опор (предельные сдвиговые напряжения γ_u) определяется при двух уровнях вертикальных сжимающих напряжений:

- первый уровень - номинальное сжимающее (длительно действующее) напряжение $\sigma_{ном}$;
- второй уровень - максимальное (кратковременное) сжимающее напряжение σ_{max} (например, в течение воздействия землетрясения).

Номинальное сжимающее напряжение обычно рекомендуется фирмой - изготовителем.

6.2.5.3 При экспертных оценках максимальное сжимающее напряжение должно быть определено как двойное номинальное напряжение, т.е. $2\sigma_{ном}$.

7 Требования к опорам

7.1 Общие требования

7.1.1 Фирма – изготовитель опор на основании стандарта устанавливает минимальные требования к опорам.

7.1.2 Основными контролируруемыми параметрами опор являются предел прочности при растяжении, удлинение при разрыве, модуль упругости материалов.

7.1.3 Требования к опорам как к продукции (стандарт) должны быть обозначены в контракте на ее поставку и устанавливаются по результатам экспериментальной проверки (лабораторных испытаний) контрольных образцов, в соответствии с таблицами 3 и 4.

Таблица 3 - Состав испытаний опор

Характеристики	Наименование испытаний	Метод испытаний	Стандартные испытания	Тип испытания
Характеристики при сжатии	Жесткость (вертикальная) от сжимающей нагрузки	ISO/CD 22762-1. п.6.1.1	×	×
Характеристики при сдвиге	Сдвиговая жесткость Жесткость за пределом упругости Коэффициент эквивалентного затухания Поперечная нагрузка	ISO/CD 22762-1. п.6.1.2	×	×
Характеристики при растяжении	Растягивающее напряжение при разрыве Растягивающее напряжение при сдвиге	ISO/CD 22762-1. п.6.1.3	×	×
Зависимости для сдвиговых характеристик	Зависимость для сдвиговых напряжений	ISO/CD 22762-1. п.6.2.1	-	×
	Зависимость для сжимающих напряжений	ISO/CD 22762-1. п.6.2.2	-	×
	Частотная зависимость	ISO/CD 22762-1. п.6.2.3	-	×
	Зависимость для повторного нагружения	ISO/CD 22762-1. п.6.2.4	-	×
	Температурная зависимость	ISO/CD 22762-1. п.6.2.5	-	×
Зависимости для сжимающих характеристик	Зависимость для сдвиговых напряжений	ISO/CD 22762-1. п.6.2.6	-	×
	Зависимость для сжимающих напряжений	ISO/CD 22762-1. п.6.2.7	-	×
Предельные характеристики	Напряжения при разрушении Напряжения при потере устойчивости от изгиба	ISO/CD 22762-1. п.6.3 7.4.4	-	×
Долговечность	Старение	ISO/CD 22762-1. п.6.4.1	-	×
	Ползучесть	ISO/CD 22762-1. п.6.4.2	-	×

Примечание. X – испытание должно быть выполнено; «-» - не проводить испытания.

7.1.4 Лабораторные испытания опор проводятся в два этапа.

7.1.4.1 На первом этапе проводятся испытания контрольных образцов РМСО с целью оценки и подтверждения их соответствия проектным данным, включая стабильность характеристик при максимальных нагрузках (перемещениях).

Таблица 4 - Список испытаний характеристик материала

Характеристики	Наименование испытания	Соответствующий стандарт	Стандартные испытания		Тип испытания	
			Внутрен. резина	Внешняя резина	Внутрен. резина	Внешняя резина
Характеристики при растяжении	Предел прочности при растяжении	ISO/CD 22762-1. п.5.3	×	×	×	×
	Относительное удлинение при разрыве		×	×	×	×
	100%, Модуль		-	-	×	×
Характеристики старения	Предел прочности при растяжении	ISO/CD 22762-1. п.5.4	-	-	-	×
	Относительное удлинение при разрыве		-	-	-	×
	100%, Модуль		-	-	-	×
	Возбуждение энергии	ISO/CD 22762-1 Прил. А	-	-	×	-
Жесткость	Жесткость	ISO/CD 22762-1. п.5.5	×	×	×	×
Характеристика сцепления	Поворот на 90°	ISO/CD 22762-1. п.5.6	-	-	×	×
Температурная уязвимость (хрупкость)	Температурная уязвимость (хрупкость)	ISO/CD 22762-1. п.5.9	-	-	×	×
Сопrotивление озону	Трещинообразование (состояние)	ISO/CD 22762-1. п.5.10	-	-	-	×
Сдвиговые характеристики	Модуль сдвига	ISO/CD 22762-1. п.5.8	-	-	×	-
	Фактор затухания		-	-	×	-
	Температурная зависимость модуля сдвига и фактора затухания		-	-	-	-
	Разрушающее напряжение	ISO/CD 22762-1. п.5.8.2	-	-	×	-

Примечание: X – испытание должно быть выполнено;
«-» - испытания допускается не проводить.

7.1.4.2 Второй этап испытаний проводится с целью контроля за качества при изготовлении РМСО, на основании специальной программы. Процедуры такой проверки определены внутренним регламентом фирмы – изготовителя.

7.1.5 Для получения требуемых характеристик на стадии разработки РМСО по индивидуальному заказу фирмой – изготовителем, как правило, проводятся предварительные испытания на образце - прототипе.

7.1.6 Окончательные (предпродажные) испытания РМСО выполняются на полноразмерных образцах. Все опоры должны быть испытаны с концевыми соединительными деталями, которые представляют типовые изделия для принятого типа опор. Детали соединений должны быть одобрены представителем заказчика до момента проведения лабораторных испытаний.

7.1.7 В соответствии с международными стандартами лабораторные испытания проводятся при температуре + 23°С.

Заказчиком могут устанавливаться дополнительные требования к температуре испытаний и/или диапазону ее изменения, в зависимости от рабочей температуры на участке установки РМСО и ее колебаниях.

7.2 Функциональные требования

7.2.1 Проектирование и изготовление РМСО выполняется с учетом функциональной ответственности объекта, на основании чего определяются требования по несущей способности, деформированию элементов в любых направлениях с заданной жесткостью и уровню затухания при вынужденных колебаниях.

7.2.2 При применении РМСО обязательно выполнение следующих требований:

7.2.2.1 Опоры должны быть установлены горизонтально между подпорной (фундаментной) и изолируемой (надземной) частями объекта;

7.2.2.2 На опоры не должна действовать постоянная горизонтальная сила;

7.2.2.3 Трущиеся и открытые стальные поверхности соединительных пластин РМСО должны быть защищены от коррозии путем окраски или оцинкованы;

7.2.2.4 При монтаже РМСО необходимо обеспечить условия, чтобы предотвратить их порчу (например, искривление, образование трещин или коррозии);

7.2.2.5 РМСО должны быть защищены от огня.

7.3 Требования к готовой продукции – образцам опор

7.3.1 РМСО должны быть испытаны с составлением акта, с описанием методов испытаний. Состав испытаний приведен в таблице 3.

7.3.2 Опоры должны удовлетворять всем требованиям, приведенным ниже.

7.3.3 Расчетная оценка для каждого изолятора должна быть описана предварительно до испытаний.

7.3.4 Характеристики образцов при сжатии

7.3.4.1 Требования: жесткость K_v при сжатии вертикальной нагрузкой должна быть не менее $\pm 20\%$ от проектного значения.

7.3.4.2 Условия испытаний:

- циклическое нагружение (не менее 3 циклов испытаний) при проектном напряжении $\sigma \pm 30\%$;

- вертикальная жесткость K_v должна быть вычислена из определенного цикла (по стандарту: третий цикл);

- стандартная температура при испытании должна составлять $+23^\circ\text{C}$.

- измерения должны быть основаны на методах испытаний для опор по ISO/CD 22762-1. п. 6.1.1. Метод 2.

7.3.5 Характеристики при сдвиге

7.3.5.1 Требования: для РМСО с высоким демпфированием: горизонтальная жесткость K_h и коэффициент эквивалентного затухания N_{eq} , соответственно, жесткость за пределом упругости K_d и нагрузка наступления текучести Q_d .

Приведенные выше характеристики должны быть в области $\pm 20\%$ расчетных оценок.

7.3.5.2 Условия испытаний:

- проектная сжимающая нагрузка должна быть приложена к изолятору;

- циклическое нагружение при проектной сдвиговой амплитуде или стандартной сдвиговой амплитуде (составляет 100% от сдвиговых напряжений) – не менее 3 циклов;

- все характеристики должны быть вычислены для определенного цикла (стандарт: третий цикл);

- если испытание выполнено при частоте, отличной от проектной частоты изоляции, результаты должны быть скорректированы к проектной частоте или 0.5 Гц соответствующим методом;

- стандартная температура при испытаниях должна быть 23°C. Если испытание проводится при другой температуре, результаты должны быть скорректированы соответствующим методом;

- измерения должны быть основаны на испытательных методах для резинометаллических изоляторов ISO/CD 22762-1. п.6.1.2.

7.3.6 Зависимости для сдвиговых характеристик

7.3.6.1. Испытываемый образец: либо полноразмерная опора, либо - масштабная модель опоры.

7.3.6.2. Условия при испытаниях:

- испытание РМСО должно проводиться в соответствии с методикой по ISO/CD 22762-1. п.6.2.1;

- контрольное напряжение γ должно соответствовать проектному сдвиговому напряжению или может быть принято (50, 100 или 150)%;

- сдвиговые характеристики должны быть испытаны при 0.5γ , 1.0γ , 1.5γ и 2.0γ и меняющиеся параметры нормализованы к результатам стандартных напряжений с последующей оценкой.

7.3.7 Зависимости для сжимающих напряжений

7.3.7.1 Испытываемый образец: либо полноразмерная опора, либо - масштабная модель опоры.

7.3.7.2 Условия при испытаниях:

- испытание должно проводиться в соответствии с методикой по ISO/CD 22762-1. п.6.2.2;

- контрольное сжимающее напряжение σ должно соответствовать проектному сжимающему напряжению или может быть принято 5.0, 10.0 и 15.0 (Н/мм²);

- сдвиговые характеристики должны быть испытаны при 0.5σ , 1.0σ , 1.5σ и 2.0σ , а меняющиеся параметры нормализованы к результатам стандартных напряжений с последующей оценкой.

7.3.8 Критические параметры

7.3.8.1 Требования: минимальные напряжения при разрушении или потере устойчивости должны быть установлены для каждого типа испытаний, в пределах диапазона значений, указанного в разделе 7.3 и таблицы 2.

Альтернативный подход заключается в том, что РМСО должна быть загружена до максимальных проектных горизонтальных перемещений x , с учетом фактора безопасности, для проверки предельных параметров.

7.3.8.2 Испытываемый образец: либо полноразмерная опора, либо - масштабная модель опоры.

7.3.8.3. Условия при испытаниях: испытание должно проводиться по методике в соответствии с ISO/CD 22762-1. п.п.6.1.2, 6.3.

7.3.9 Долговечность

7.3.9.1 Условия при испытаниях: испытываемым образцом должна быть либо полноразмерная опора, либо масштабная модель опоры.

7.3.9.2 Образец сдвигового блока может быть применен вместо опоры.

7.3.9.3 Измерения должны быть основаны на ISO/CD 22762-1. п.6.4.1.

7.3.10 Ползучесть

7.3.10.1 Требования: коэффициент ползучести должен быть менее 10%.

7.3.10.2. Условия при испытаниях: испытываемый образец должен быть либо полноразмерная опора, либо масштабная модель опоры.

7.3.10.3 Измерения должны быть основаны на ISO/CD 22762-1. п.6.4.2.

7.3.11 Другие характеристики

Частотная зависимость, зависимость при повторном нагружении и температурная зависимость должны быть получены при испытаниях, согласно методу испытаний, внесенному в список, табл. 7.2. Каждая зависимость должна быть в пределах диапазона, указанного до испытания. Материал испытания образца сдвигового-блока может быть заменен при испытаниях на частотную и температурную зависимости.

7.4 Требования к размерам

7.4.1 В соответствии с международной практикой резинометаллические опоры как продукция для массового изготовления подлежат сертификации с использованием стандарта.

7.4.2 Основными контролируемыми параметрами (стандартом), как правило, являются взаимозависимые между собой типоразмеры элементов (устанавливаются размеры непосредственно опор и соединительных элементов) и допуски по их несущей способности.

7.4.3 В таблице 5 для примера приведены размеры резинометаллических изоляторов, выпускаемые фирмой «Shantou Vibro Tech Industrial and Development Co Ltd. (VIBRO)».

Таблица 5 – Стандартизация резинометаллических изоляторов по типоразмерам

Тип серии	Резинометаллическая опора		Соединительная пластина				Общая высота, мм	Общий вес опоры	
	Наименование	Типоразмер	Толщина, мм	Форма в плане	Длина стороны, мм	Диаметр, мм		GZP	GZY
								кг	кг
V5A	GZP/GZY300V5A	Ø316x106.5	12	квадрат	340	–	130.5	53.6	56.6
	GZP/GZY350V5A	Ø370x132.5	15	квадрат	400	–	162.5	94.4	98.4
	GZP/GZY400V5A	Ø420x132.5	15	квадрат	450	–	162.5	119.4	127.4
	GZP/GZY500V5A	Ø510x164.0	15	квадрат	540	–	194.0	194.2	208.2
	GZP/GZY600V5A	Ø620x216.2	20	квадрат	650	–	256.2	372.8	399.8
	GZP/GZY700V5A	Ø720x231.5	30	квадрат	800	–	291.5	639.6	669.6
	GZP/GZY800V5A	Ø820x241.0	30	квадрат	950	–	301.0	865.4	896.4
	GZP/GZY900V5A	Ø920x258.0	36	квадрат	1050	–	330.0	1258.2	1297.2
	GZP/GZY1000V5A	Ø1020x259.5	36	квадрат	1150	–	331.0	1500.8	1546.8
V4A	GZP/GZY300V4A	Ø316x106.5	12	квадрат	340	–	130.5	53.6	56.6
	GZP/GZY350V4A	Ø370x132.5	15	квадрат	400	–	162.5	94.4	98.4
	GZP/GZY400V4A	Ø420x132.5	15	квадрат	450	–	162.5	119.4	127.4
	GZP/GZY500V4A	Ø510x164.0	15	квадрат	540	–	194.0	194.2	208.2
	GZP/GZY600V4A	Ø620x216.2	20	квадрат	650	–	256.2	372.8	399.8
	GZP/GZY700V4A	Ø720x231.5	30	квадрат	800	–	291.5	639.6	669.6
	GZP/GZY800V4A	Ø820x241.0	30	квадрат	950	–	301.0	865.4	896.4
	GZP/GZY900V4A	Ø920x258.0	36	квадрат	1050	–	330.0	1258.2	1297.2
	GZP/GZY1000V4A	Ø1020x259.5	36	квадрат	1150	–	331.0	1500.8	1546.8

7.4.4 По согласованию с фирмой - изготовителем допускается выпуск резинометаллических опор по индивидуальному заказу.

7.5 Требования к резине

7.5.1 Резиновые материалы, используемые для производства РМСО, должны быть испытаны в соответствии со следующими требованиями пунктов испытаний таблицы 4.

7.5.2 Характеристики при растяжении

7.5.2.1. Требования:

- предел прочности: минимум 8 МПа (внутренняя и наружная резина);
- удлинение при разрушении: минимум 500% (внутренняя и наружная резина).

7.5.2.2. Условия при испытаниях: измерения должны быть основаны на ISO/CD 22762-1. п.5.3.

7.5.3 Характеристики старения

7.5.3.1 Требования:

- изменение предела прочности на растяжение: $\pm 30\%$;
- изменение удлинения при разрушении: минимум - 50%.

7.5.3.2. Условия при испытаниях: 70°C x 168 часов.

7.5.3.3. Измерения должны быть основаны на ISO/CD 22762-1. п.5.4.

7.5.4 Твердость

7.5.4.1. Требования: проектное значение ± 5 (внутренняя и наружная резина).

7.5.4.2. Условия при испытаниях: измерения должны быть основаны на ISO/CD 22762-1. п.5.5.

7.5.5 Сопротивление озону

7.5.5.1. Требования: отсутствие трещин (на наружной резине).

7.5.5.2. Условия при испытаниях: 50 МПа, удлинение 20%, 40°C x 96 часов.

7.5.5.3. Измерения должны быть основаны на ISO/CD 22762-1. п.5.10.

7.4.6 Другие характеристики

7.4.6.1 Другие характеристики должны быть получены при испытаниях, согласно методу испытаний, приведенному в таблице 3.

7.4.6.2 Все результаты испытаний должны быть в допустимых пределах, указанных до испытания.

7.6 Требования к материалам стальных частей

Стали, используемые для соединительных, фланцевых и внутренних стальных пластин, должны отвечать требованиям по прочности, приведенные в таблице 6.

Таблица 6 - Листовой прокат для соединительных, фланцевых и стальных пластин

Точка пластичности или безопасное напряжение, Н/мм ²			Предельное напряжение при растяжении, Н/мм ²
Толщина стальной пластины, мм			
t ≤ 16	16 < t ≤ 40	40 < t	
$\sigma_{sy} \leq 245$	$\sigma_{sy} \leq 235$	$\sigma_{sy} \leq 215$	$400 \leq \sigma_{su} \leq 510$
$\sigma_{sy} \leq 325$	$\sigma_{sy} \leq 315$	$\sigma_{sy} \leq 295$	$490 \leq \sigma_{su} \leq 610$

Примечание: Могут быть применены: Технические регламенты и стандарты Российской Федерации (СНиП 2-23-81* «Стальные конструкции») или международный стандарт ISO (ISO 630, ISO 1052).

7.7 Требования к испытательной документации

7.7.1 Контрактом на поставку РМСО в обязательном порядке предусматривается проведение комплексных (предпродажных) испытаний контрольных образцов с целью проверки и подтверждения их соответствия установленным требованиям.

7.7.2 Отчет (заключение) по результатам такой проверки подписывается представителем изготовителя и специалистом (экспертом), ответственным за проведение испытаний.

8 Правила проектирования сейсмоизоляции с РМСО

8.1 Общие правила

8.1.1 РМСО должны быть запроектированы таким образом, чтобы обеспечить эксплуатационную надежность в предельном состоянии, полученном от полной сжимающей силы, сопротивления силе ветра и воздействия землетрясения.

8.1.2 Опоры не должны подвергаться повреждениям, которые затронули бы их надлежащее функционирование или привели к чрезмерным затратам на их обслуживание в течение запланированного срока службы.

8.2 Конструирование и размеры опоры

8.2.1 РМСО изоляторы должны быть запроектированы для установки таким образом, чтобы иметь систему закрепления к надпорным конструкциям и фундаментам.

РМСО должен быть оснащен фланцами для крепления к зданию и фундаменту и защищен резиновым покрытием с наружной стороны от внешних воздействий и атмосферных осадков.

8.2.2. Конфигурация в плане РМСО должна быть в виде круга. Дополнительный элемент демпфирования, свинцовый сердечник, вставлен в отверстие в центре.

Примеры назначения размеров опор приведены в таблице 5, а их обозначения для проектной спецификации приведены на рисунке 4.

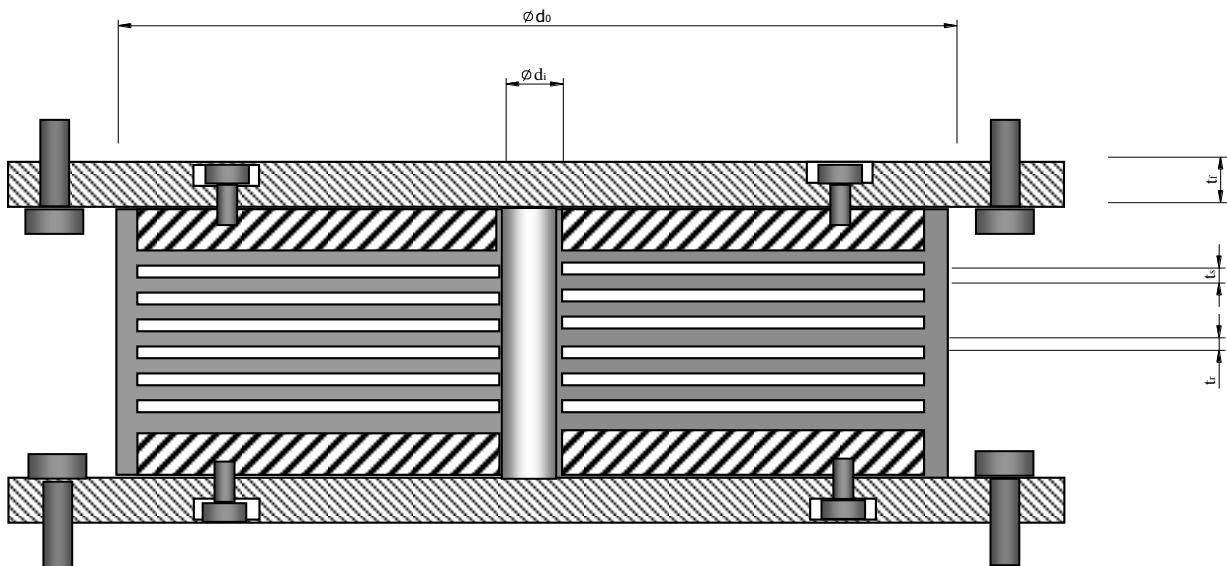


Рисунок 4 - Поперечное сечение опоры со свинцовым сердечником

8.3. Основы проектирования опор

8.3.1 Геометрические параметры

8.3.1.1 Конфигурацию РМСО определяют следующие геометрические параметры и их математическое описание (коэффициент формы):

8.3.1.2. Коэффициент формы S_1 определяется как отношение эффективной загружаемой площади A_{load} к площади свободной поверхности A_{free} , учитывая отверстия в одном отдельном слое резины:

$$S_1 = \frac{A_{load}}{A_{free}} \quad (1)$$

Для опоры круглого поперечного сечения с отверстием в центре:

$$S_1 = \frac{d_0 - d_i}{4 \cdot t_r} \quad (2)$$

8.3.1.3 Коэффициент формы S_2 получают как отношение эффективной ширины к полной толщине РМСО. Для круглых опор, второй фактор формы S_2 определяется по следующей формуле:

$$S_2 = \frac{d_0}{n \cdot t_r} \quad (3)$$

8.3.2 Характеристики при сжатии опоры

8.3.2.1 Жесткость при сжатии рассчитывают следующим образом

$$K_v = \frac{E_c \cdot A}{n \cdot t_r}, \quad (4)$$

где

$$E_c = \left[\frac{1}{E_{ap}} + \frac{1}{E_\infty} \right]^{-1}; \quad (5)$$

$$E_{ap} = E_0 \cdot (1 + 2\kappa S_1^2) . \quad (6)$$

Если G может рассматриваться, как независимый от сдвиговых напряжений, и иметь постоянное значение, то может применяться следующая зависимость

$$E_0 = 3G. \quad (7)$$

8.3.2.2 Вертикальные деформации при сжатии РМСО рассчитывают по формуле

$$\delta_z = \frac{P}{K_v} \quad (8)$$

8.3.3 Сдвиговые характеристики опоры

8.3.3.1 Сдвиговая жесткость рассчитывается следующим образом

$$K_h = G \frac{A}{n \cdot t_r} \quad (9)$$

8.3.3.2 При определении зависимости сдвиговых напряжений от эквивалентного модуля сдвига, сдвиговая жесткость выражается следующим образом

$$K_h = G_{eq}(\gamma) \cdot \frac{A}{n \cdot t_r}, \quad (10)$$

где $G_{eq}(\gamma)$ - функция модуля сдвига, зависящая от сдвиговых напряжений γ .

8.3.3.3 Сдвиговые напряжения γ резины при данных X горизонтальных перемещениях вычисляются по следующей формуле

$$\gamma = \frac{X}{n \cdot t_r} \quad (11)$$

8.3.3.4 Для опор со свинцовыми сердечниками K_h связана с K_d и Q_d следующим образом:

$$K_h = \frac{K_d \cdot X + Q_d}{X} \quad (12)$$

8.3.3.5 Эквивалентный коэффициент демпфирования h_{eq} выражен через K_h и энергию диссипации за цикл W_d следующим образом

$$h_{eq} = \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{W_d}{K_h \cdot X^2} \quad (13)$$

8.3.3.6 Горизонтальную силу, передаваемую на надпорные конструкции, рассчитывают при помощи следующего уравнения

$$Q = K_h \cdot X \quad (14)$$

8.3.4 Характеристики при растяжении

Допустимое напряжение от растяжения РМСО принимается как условно-упругое растягивающее напряжение σ_{Ty} (см. рисунок 5) и определяется неравенством:

$$\sigma_{Ty} \leq 2G, \quad (15)$$

где G - модуль сдвига резины при 100% сдвиговом напряжении.

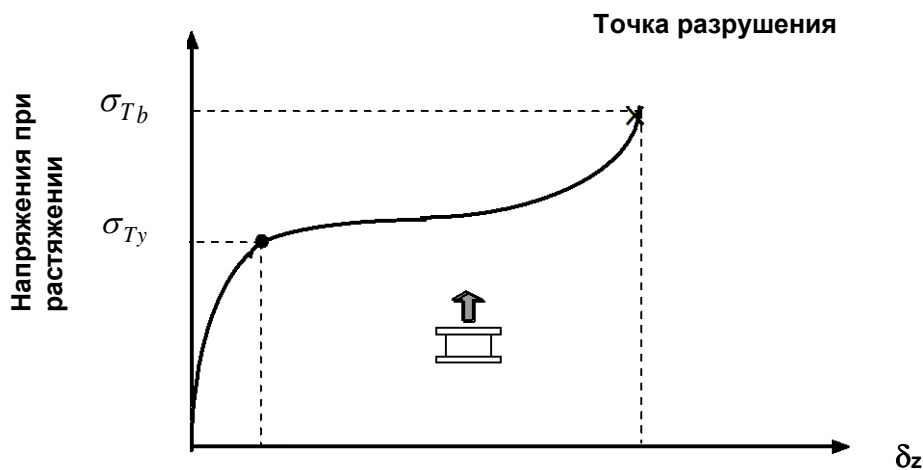


Рисунок 5 - Предельные характеристики при растяжении РМСО

8.3.5 Характеристики устойчивости и разрушения опоры

8.3.5.1 Критическое напряжение опоры σ_{cr} определяется, как сжимающее напряжение при нулевом смещении, при котором изолятор теряет свою устойчивость. Критическое напряжение вычисляется по формуле:

$$\sigma_{cr} = \frac{\pi}{4} \cdot \xi \cdot S_2 \sqrt{E_b \cdot G}, \quad (16)$$

где E_b - условный модуль Юнга при изгибе и вычисляется по формуле

$$\frac{1}{E_b} = \frac{1}{E_0(1 + \frac{2}{3} \kappa S_1^2)} + \frac{1}{E_\infty}, \tag{17}$$

G - модуль сдвига при $\gamma=100\%$;

ξ - коэффициент, зависящий от формы изолятора, $\xi=1$ для круглой опоры.

Примечание: Для опор со свинцовыми сердечниками G представляет модуль сдвига резиновой части, исключая вкладываемый свинцовый сердечник.

8.3.5.2 Характеристики предельного состояния.

Соотношение между сжимающими и сдвиговыми напряжениями в предельном состоянии представляется в виде диаграммы предельного состояния (ДПС) РМСО, которая может быть получена приближенным расчетом или (и) на основании эксперимента.

8.3.5.2.1. Построение ДПС на основе расчета.

ДПС подразумевает: либо потерю устойчивости при изгибе (выпучивание), либо предел прочности при разрушении:

уравнение для предела потери устойчивости при изгибе

$$\gamma \leq S_2 \left(1 - \frac{\sigma}{\sigma_{cr}} \right); \tag{18}$$

уравнение для предела прочности при разрушении

$$\gamma \leq \gamma_b. \tag{19}$$

Расчетная ДПС является приближенной (см. рисунок 6), т.к. содержит неопределенный запас прочности и отклонения характеристик фактической прочности при изгибе и разрушении РМСО.

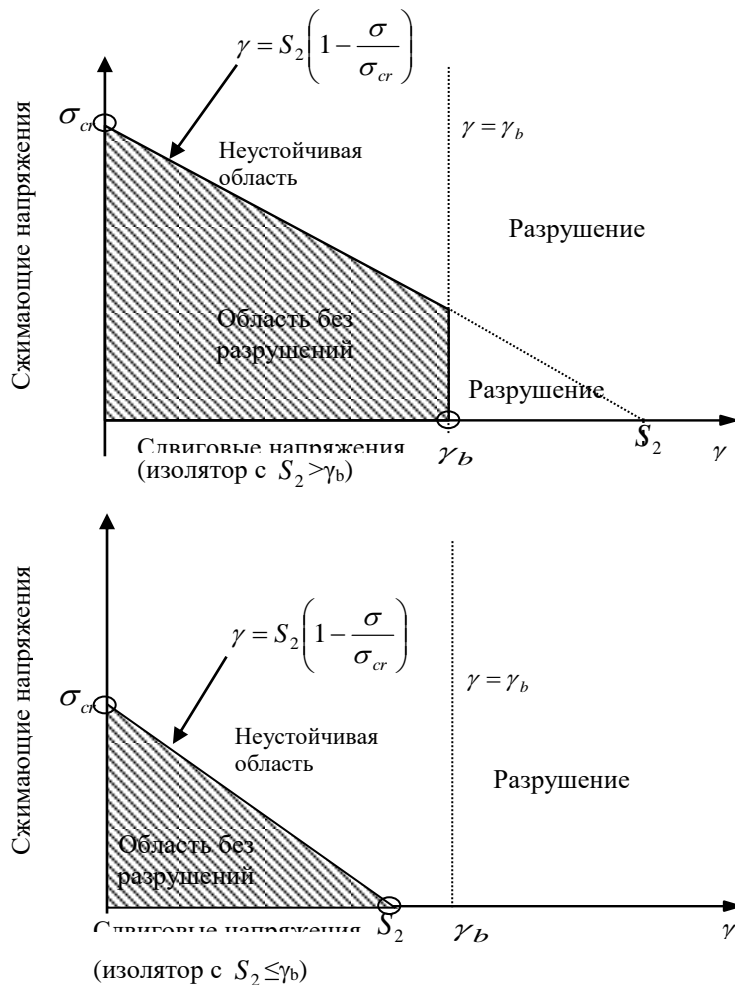


Рисунок 6 - Расчетная ДПС для опор

8.3.5.2.2 Построение ДПС на основе эксперимента.

8.3.5.2.2.1 *Образец.* Для испытания из партии РМСО выбирают контрольный образец и подвергают его нагружению.

8.3.5.2.2.2 *Испытательное оборудование.* Должно использоваться испытательное оборудование позволяющее создавать одновременно сжимающую и горизонтальную нагрузки. Сжимающая нагрузка должна быть контролируемая, а оборудование иметь возможность поддерживать постоянную величину нагрузку. Вертикальная сжимающая и горизонтальная нагрузки, горизонтальное перемещение должны регистрироваться.

8.3.5.2.2.3 *Сжимающая нагрузка.* Опора должна быть подвергнута монотонному нагружению до разрушения или потери устойчивости (выпучивании) при изгибе при сжимающих напряжениях: 0.5σ , σ , 1.5σ , 2.0σ и 2.5σ , где σ - номинальное сжимающее напряжение, рекомендуемое изготовителем.

8.3.5.2.3.4 *Испытание на сжатие со сдвигом.* Масштабная модель должна быть подвергнута трем циклам знакопеременного горизонтального нагружения при горизонтальной амплитуде 100%. Нагрузка должна быть статическая. Эквивалентная сдвиговая жесткость должна быть рассчитана из третьего цикла.

Модуль сдвига G должен быть обратно пересчитан, имея: фактическую сдвиговую жесткость K_v , площадь стальной пластины A , толщину одного резинового слоя t_r и количество слоев n . G должен быть в пределах $\pm 20\%$ расчетной оценки.

Горизонтальное смещение и нагрузка должны быть зафиксированы при разрушении (X_b , Q_b) или при потере устойчивости (выпучивании) при изгибе (X_{buk} , Q_{buk}).

8.3.5.2.3.5 *Определение предельных характеристик диаграммы.* По результатам испытаний строят графики зависимости «горизонтальная сила – горизонтальные перемещения» при заданных сжимающих напряжениях (см. рисунок 7).

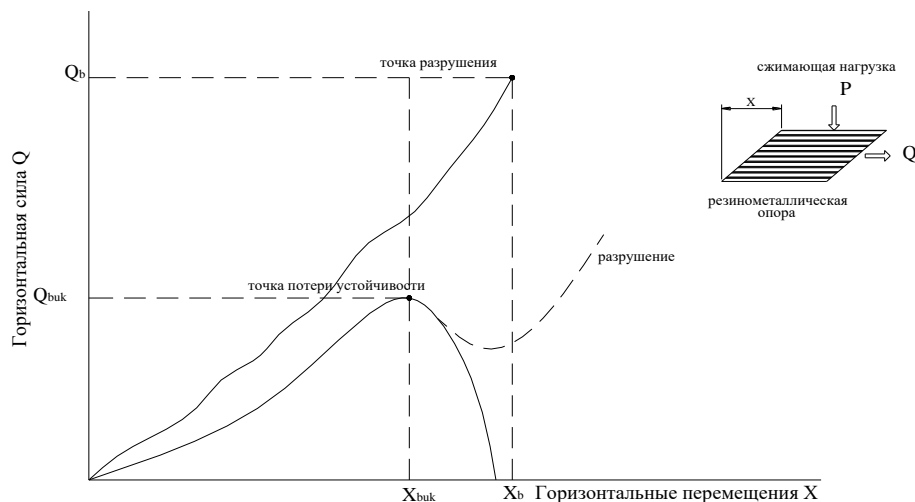


Рисунок 7 - Определение предельных параметров опор

При нулевом сдвиговом напряжении критическое сжимающее напряжение σ_{cr} должно быть рассчитано по формуле

$$\sigma_{cr} = \frac{\pi}{4} \cdot \xi \cdot S_2 \sqrt{E_b \cdot G} \quad (20)$$

Перекрываемые области двумя экспериментальными зависимостями на диаграмме предельных характеристик должны рассматриваться как допустимые области сжимающих напряжений.

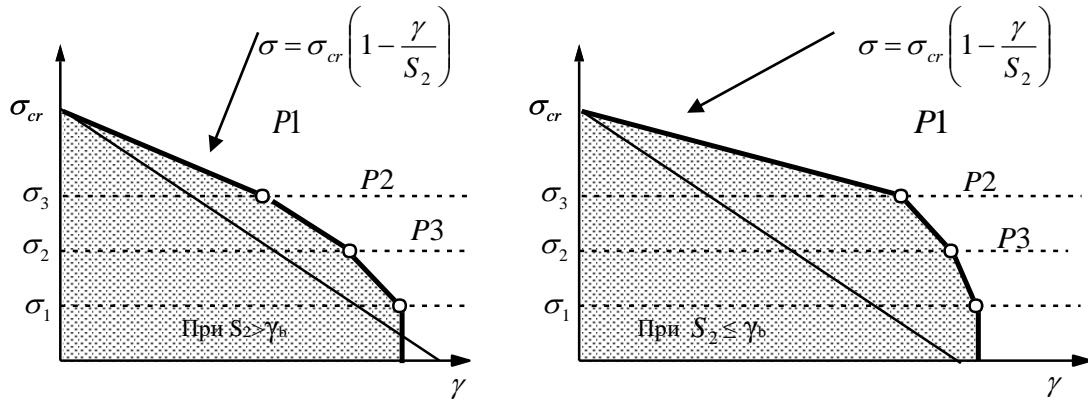


Рисунок 8 - Диаграммы предельного состояния, полученные экспериментально

8.3.5.3 Определение сдвиговых характеристик РМСО со свинцовым сердечником

8.3.5.3.1 Типичная кривая «горизонтальная сила-перемещение» РМСО с высоким демпфированием показана на рисунке 9.

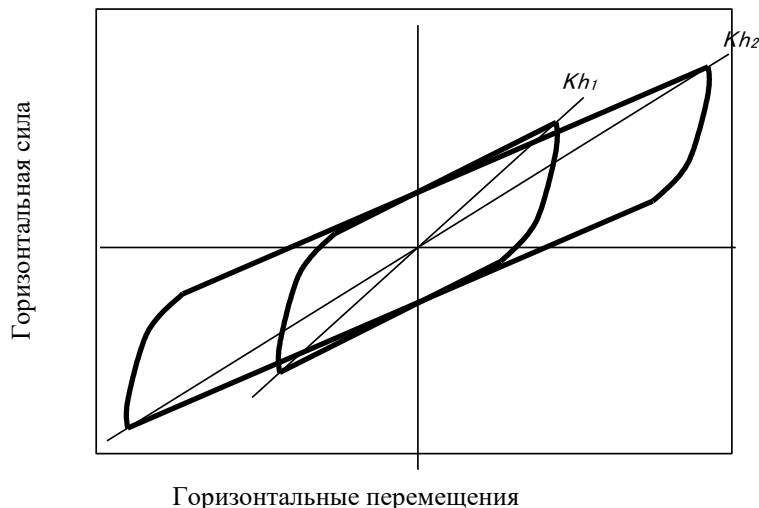


Рисунок 9 - Зависимость «горизонтальная сила – перемещение» для опоры со свинцовым сердечником

8.3.5.3.2 Сдвиговая жесткость K_h или, упомянутая выше, эквивалентная сдвиговая жесткость определяется как наклонная секущая от пика до пика петли и зависит от перемещений РМСО.

8.3.5.3.3 Сдвиговая жесткость вычисляется по формуле

$$K_h = G_{eq}(\gamma) \frac{A_r}{n \cdot t_r}, \quad (21)$$

где $G_{eq}(\gamma)$ – эквивалентный модуль сдвига, зависящий от сдвиговых напряжений γ , и рассчитывается из экспериментального графика. На рисунке 10 приведен пример определения эквивалентного модуля сдвига.

8.3.5.3.4 Эквивалентный модуль сдвига численно выражен в виде функции сдвиговых напряжений:

$$G_{eq}(\gamma) = a_0 + a_1 \cdot \gamma + a_2 \cdot \gamma^2 + a_3 \cdot \gamma^3 + a_4 \cdot \gamma^4 + a_5 \cdot \gamma^5 \quad (22)$$

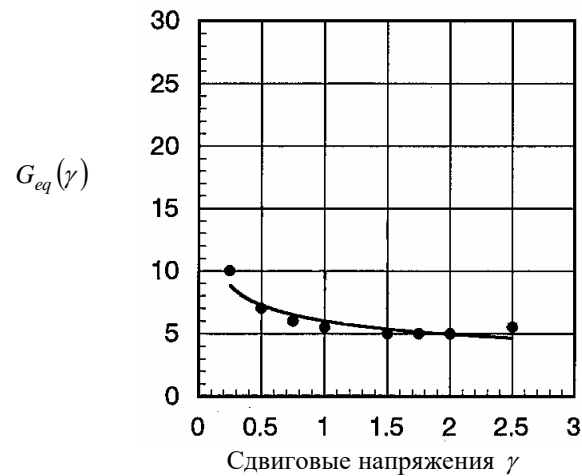


Рисунок 10 - Эквивалентный модуль сдвига для РМСО со свинцовым сердечником

8.3.5.3.5 Эквивалентный коэффициент затухания h_{eq} также выражен как функция сдвиговых напряжений γ в виде:

$$h_{eq}(\gamma) = b_0 + b_1 \cdot \gamma + b_2 \cdot \gamma^2 + b_3 \cdot \gamma^3 + b_4 \cdot \gamma^4 + b_5 \cdot \gamma^5 \quad , \quad (23)$$

$h_{eq}(\gamma)$ - должен быть вычислен в каждой точке сдвиговых напряжений из экспериментальных графиков по формуле:

$$h_{eq}(\gamma) = \frac{1}{\pi} \cdot \frac{W_d}{2K_h(n \cdot t_r \cdot \gamma)} \quad , \quad (24)$$

где W_d - энергия диссипации за цикл

$$K_h = \frac{Q_d}{\gamma \cdot n \cdot t_r} + K_d \quad (25)$$

Жесткость за пределом упругости K_d выражена уравнением

$$K_d = C_{Kd}(\gamma)(K_r + K_p) \quad (26)$$

где K_r является сдвиговой жесткостью резинометаллического изолятора

$$K_r = G \frac{A_r}{n \cdot t_r} \quad (27)$$

K_p - жесткость вставленного свинцового сердечника

$C_{kd}(\gamma)$ - корректирующий фактор, зависящий от γ , для жесткости за пределом упругости.

8.3.5.4 Определение вертикальных характеристик РМСО

8.3.5.4.1 Жесткость при сжатии РМСО K_v выражена следующим уравнением:

$$K_v = \frac{A \cdot E_c}{n \cdot t_r} \quad , \quad (28)$$

где

$$E_C = \left[\frac{1}{E_{ap}} + \frac{1}{E_\infty} \right]^{-1}, \quad (29)$$

$$E_{ap} = E_0 \cdot (1 + 2\kappa S_1^2). \quad (30)$$

8.3.5.4.2 Примеры констант для нескольких натуральных резиновых составов приведены в таблице 6.

Таблица 6 - Примеры констант для проектирования РМСО

IRHD	E_0 (МПа)	G (МПа)	κ	E_∞ (МПа)
30	0.92	0.30	0.93	1.00×10^3
40	1.50	0.45	0.85	1.00×10^3
50	2.20	0.64	0.73	1.03×10^3
60	5.34	1.06	0.57	1.15×10^3
70	7.34	1.72	0.53	1.27×10^3

8.3.5.4.3 Фактически, изготовители применяют их собственные константы при проектировании опор и представляют заказчику.

8.3.5.4.4 Для опор со свинцовыми сердечниками, величины E_0 и E_∞ могут быть оценены при помощи эксперимента

$$\frac{1}{E_C} = \frac{1}{E_0} \cdot \frac{1}{1 + 2\kappa S_1^2} + \frac{1}{E_\infty} \quad (31)$$

После получения сжимающей жесткости опор при различных S_1 и обратно пропорционально определена величина E_C , зависимость $1/E_C$ от $1/(1 + 2\kappa S_1^2)$ необходимо вычертить в виде, как показано на рисунке 11.

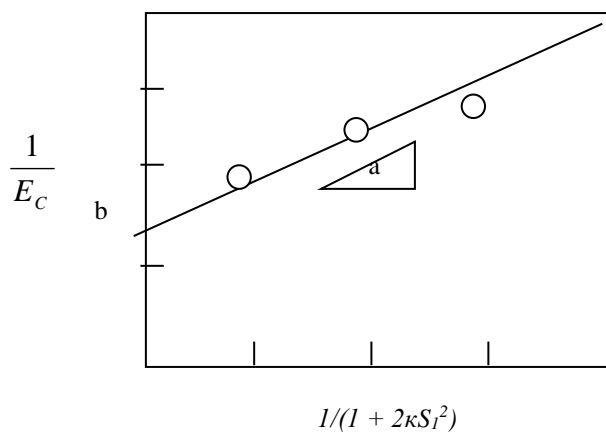


Рисунок 11- Зависимость $1/E_C$ от $1/(1 + 2\kappa S_1^2)$

Нанесенные точки на графике соединяют линейно усредненной прямой.

Наклон (а) и пересечение (б) усредненной прямой с координатной осью показывают значения $1/E_C$ и $1/E_\infty$.

Корректирующий фактор κ подбирается так, чтобы не влиять на точность аппроксимирующей линии.

8.3.6 Проверка на прочность стальных частей

8.3.6.1 Стальные пластины

Стальные пластины РМСО должны быть разработаны таким образом, чтобы возникающие в них напряжения отвечали следующему условию:

$$\sigma_s = 2\lambda \cdot \frac{P \cdot t_r}{A_e \cdot t_s} \leq \sigma_{sa}, \quad (32)$$

где λ - корректирующий фактор, включающий запас прочности следующим образом: без внутреннего отверстия $\lambda = 1.0$; с внутренним отверстием $\lambda = 1.5$.

8.3.6.2 Крепежные болты

8.3.6.2.1 Растягивающие и сдвиговые напряжения крепежных болтов, вызванные горизонтальными смещениями РМСО, рассчитывают следующим образом.

Максимальная сила растяжения в болтах должна быть рассчитана на момент, создаваемый сдвиговой силой на длину от нейтральной оси момента. Зависимость между растягивающей силой и моментом показана на рисунке 12.

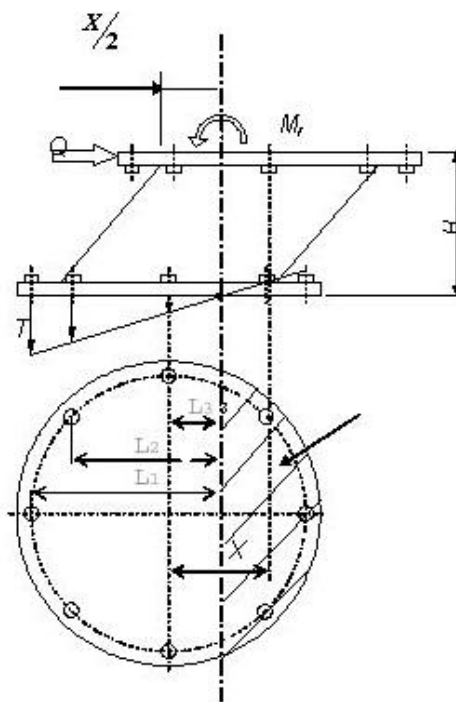


Рисунок 12 - Напряжения в болтах РМСО при горизонтальных перемещениях

Состояние под нагрузкой. Максимальная растягивающая сила создается, когда горизонтальная нагрузка Q , момент M_r и сила подъема P_u одновременно действуют на изолятор

$$Q = K_h \cdot X \quad (33)$$

$$M_r = \frac{1}{2} Q \cdot H \quad (34)$$

Принято:

нейтральная линия находится в центре перекрытой части нижней и верхней соединительных пластин;

соединительные пластины расположены перпендикулярно к вертикальной оси;

растягивающие напряжения в болтах и сжимающие напряжения в основании имеют линейные отношения к расстояниям до нейтральной линии

$$T_1/L_1 = T_2/L_2 = \dots = T_i/L_i, \quad i = 1, 2, 3, \dots \quad (35)$$

Пренебрегая вкладом сжимающего напряжения к моменту, максимальное растягивающее напряжение T_1 при положении в поз. 1 вычисляется по формуле

$$T_1 = \frac{M_r}{\left(L_1 + 2 \frac{L_2^2}{L_1} + 2 \frac{L_3^2}{L_1} + \dots \right)} \quad (36)$$

$$T_{\max} = T_1 + \frac{F_u}{n_b} \quad (37)$$

$$\sigma_B = \frac{T_{\max}}{A_b} \leq \sigma_f \quad (38)$$

Предполагается, что сдвиговая сила равномерно распределена между всеми болтами

$$\tau_B = \frac{Q}{n_b \cdot A_b} \leq \tau_f \quad (39)$$

Суммарному напряжению от растягивающих и сдвиговых напряжений болта, будет удовлетворять неравенство:

$$\left(\frac{\sigma_B}{\sigma_f} \right)^2 + \left(\frac{\tau_B}{\tau_f} \right)^2 \leq 1 \quad (40)$$

8.3.6.3 Соединительные пластины.

Изгибные напряжения σ_b соединительных пластин, вызванные растягивающими напряжениями болтов, рассчитывают и проверяют по формулам (41) – (44).

$$\sigma_b = \frac{M_f}{Z} \leq \sigma_{bf} \quad (41)$$

где

$$M_f = T \times c, \quad (42)$$

$$Z = \frac{1}{6} \times t_f^2 \times B, \quad (43)$$

$$B = 2 \cdot c + d_k \quad (44)$$

Эффективная ширина B соединительной пластины определяется по рисунку 13.

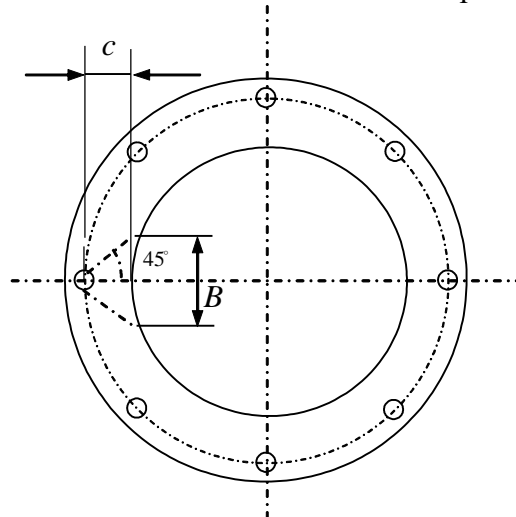


Рисунок 13 - Расчетные параметры соединительных пластин

9 Расчетный анализ системы сейсмоизоляции

9.1. Подбор параметров и количества РМСО

9.1.1. Определяем общий вес наземной части объекта;

9.1.2 В соответствии с требованиями по расстановке опор на основании стандарта СТО XX-51-□□ определяем места их установки;

9.1.3 По типу применяемых опор и приходящейся на них нагрузки определяем их количество и тип.

Например при веса изолируемой (надземной части) - 750000 кН по таблице 5 настоящих рекомендаций определяется общее количество РМСО - 160 штук типа GZY 700 V5A.

9.1.4 Каждому типу опор соответствует горизонтальная жесткость.

Система сейсмоизоляции должна иметь:

- начальную жесткость, равную жесткости K_0 ;
- система сейсмоизоляции должна иметь эффективную жесткость K_{eff} .

Для опор типа GZY 700 V5A, например, эти данные приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Нормы (требования) к жесткости и демпфированию опор GZY 700 V5A (пример)

Характеристика	Резинометаллические опоры со свинцовыми сердечниками
Характеристики перемещений:	
- проектное перемещение (D_D), мм	140
- максимальное перемещение (D_{max}), мм	385
Характеристики сдвиговой жесткости:	
- начальная жесткость K_0 , кН/мм	8,6 - 10,5
- эквивалентная жесткость K_{eff} , кН/мм	1,61 - 1,97
Вертикальная жесткость (горизонтальная сила в нулевой позиции K_v), кН/мм	2160 - 2660

9.3 Назначаем полные предельные перемещения системы сейсмоизоляции:

D_D – проектное;

D_{max} - максимальное.

Система сейсмоизоляции должна ограничить перемещения величиной, которая позволит изолированным и неизолированным частям зданий не контактировать во время максимального возможного землетрясения.

9.1.5 Определяем предельные размеры опор, включая:

- максимальную полную высоту опор сейсмоизоляции, включая монтируемые закладные пластины (для опор типа GZY 700 V5A, например, она составляет 291,5 мм);
- максимальный размер в плане РМСО, включая монтируемые закладные пластины (для опор типа GZY 700 V5A, например, он составляет 720 мм).

9.1.6 Определяем демпфирующие характеристики системы сейсмоизоляции - максимальное эквивалентное вязкое затухание, обеспечиваемое РМСО, не должно быть больше, чем 30%.

В окончательном проекте система изоляции должна обеспечить затухание в пределах этого диапазона.

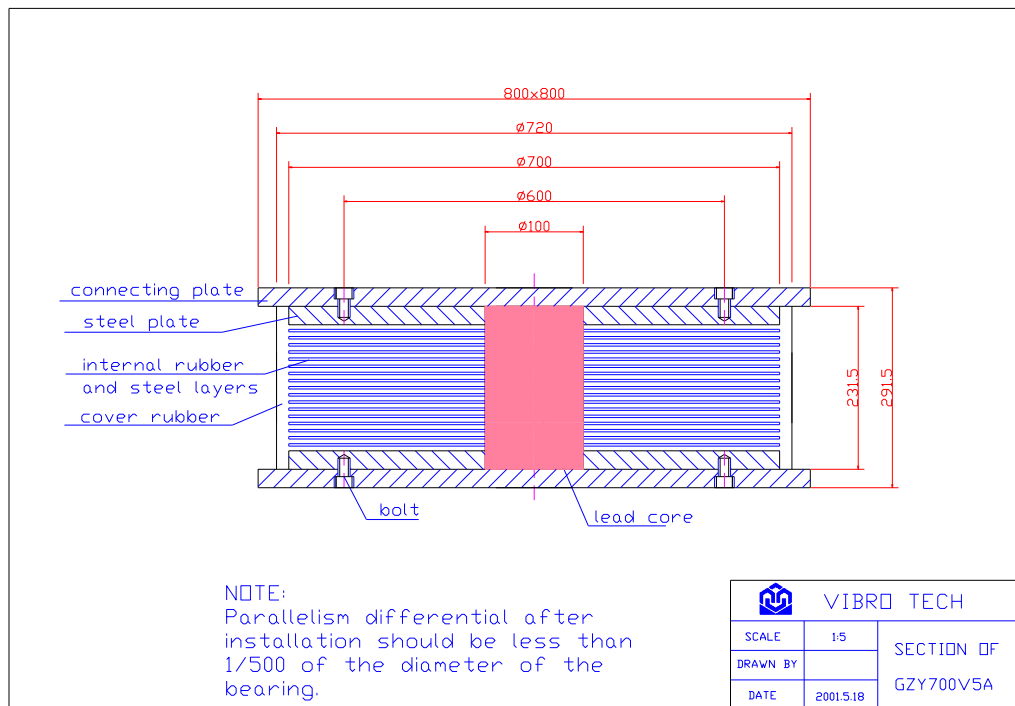


Рисунок 14 - Опора типа GZY 700 V5A в разрезе

Таблица 8 - Технические характеристики сейсмоопор типа GZY 700 V5A

№№ пп.	Наименование технической характеристики	Параметры технической характеристики
1	Диаметр	720 мм
2	Высота	291,5 мм
3	Толщина слоя резины	4.6 мм
4	Количество слоев резины	22 шт.
5	Общая толщина	101 мм
6	Общий вес	669 кг

Таблица 9 - Механические характеристики сейсмоопор типа GZY 700 V5A

№ п/п	Наименование	Параметры	Допустимая погрешность
1	Расчетная нагрузка на сжатие	2800 кН	±20%
2	Расчетное горизонтальное перемещение	140 мм	
3	Расчетное максимальное горизонтальное перемещение	385 мм	
4	Горизонтальная жесткость	1.85 кН/мм	
5	Вертикальная жесткость	2410 кН/мм	
6	Эквивалентное вязкое затухание	0,19	

Эквивалентное вязкое затухание должно быть вычислено как отношение количества энергии, рассеянное за гистерезисный цикл, к количеству упругой энергии, накопленной при проектном перемещении эквивалентной пружины с жесткостью, равной эффективной жесткости системы.

9.1.7 Выбор крепления РМСО.

Соединительные пластины, присоединяющие опоры к надпорным конструкциям и фундаментам должны быть присоединены к фланцевым пластинам.

Не разрешаются шпоночные соединения между опорами и надпорными конструкциями и фундаментами.

9.1.8 Толщина горизонтального антисейсмического шва, отделяющего надземную часть здания от подземной, назначается исходя из высоты опоры и параметров дополнительных конструкций.

Для рассматриваемого примера она не должна превышать 50 мм.

9.1.9 По имеющимся данным и с соответствии с требованиями стандарта СТО XX-51-□□ производится окончательная расстановка сейсмоизолирующих опор.

9.2 Расчетный анализ системы сейсмоизоляции.

9.2.1 Расчет проводится в соответствии с действующими нормативными техническими документами:

- по спектральной методике;
- путем выполнения прямого динамического расчета.

9.2.2 Особенности расчета по *спектральной методике* являются:

- правила моделирования опор;
- необходимость учета повышенного, в сравнении с нормативными величинами (5%), параметра затухания;
- возможность сравнения полученных величин перемещений с достоверно известными (фактическими) параметрами сейсмоизолирующих опор.

9.2.3 Правила моделирования сейсмоопор.

9.2.3.1 Моделирование объекта и его конструкций производится в два этапа, с применением следующих типов конечных элементов:

- конструкции стен, перекрытий, плитного ростверка моделируются оболочечными конечными элементами, имеющими шесть степеней свободы для узловых точек;
- конструкции колонн и опорных антисейсмических поясов моделируются балочными конечными элементами;
- моделирование РМСО производится посредством задания пары граничных условий, по два граничных условия для каждой опоры.

Первые граничные условия, расположенные на уровне опирания высотной части на верхнюю часть РМСО.

Вторые граничные условия задаются в уровне устройства сейсмоизоляторов.

При этом, имеется возможность моделирования опорных элементов реальными, полученными из эксперимента жесткостными характеристиками опор. Причем, как в вертикальном, так и горизонтальном направлениях.

Жесткостные и деформационные характеристики конструкций и их соединений вычисляются программно, в зависимости от их геометрических параметров и характеристик материалов, с учётом условий работы конструкций, вводимых в расчётную модель.

9.2.3.2 Вес здания и величины сосредоточенных масс по конструкциям при расчёте на сейсмические воздействия определяются программно путём формирования масс через заданный объёмный вес конструкций.

9.2.3.3 Проведение расчетов на основные и особые сочетания нагрузок проводится с применением сертифицированных программных комплексов, прошедших проверку практикой выполнения таких расчетов.

9.2.3.3.1 На первом этапе расчетов рассчитывается надземная часть объекта на основное и особое сочетание нагрузок, определяются усилия и перемещения в уровне сейсмоопор.

9.2.3.3.2 На втором этапе проводится расчет нижней части, к местам установки сейсмоопор прикладываются нагрузки, определенные из первого этапа расчета.

9.2.3.4 Данные, полученные по результатам расчетного анализа, сравниваются с фактическими характеристиками системы, заложенными при проектировании.

9.2.4 Методика проведения прямого динамического расчета.

9.2.4.1. Уравнения движения.

9.2.4.1.1 Оценка сейсмической реакции объекта проводится на основе прямого динамического расчета нелинейной упругопластической модели с использованием фактической экспериментальной зависимости «горизонтальная сила – перемещение» резинометаллических опор со свинцовым сердечником и с учетом региональных особенностей сейсмического воздействия.

9.2.4.1.2. В качестве расчетной модели сейсмоизолированного объекта может быть принята двухмассовая система, приведенная на рисунке 15.

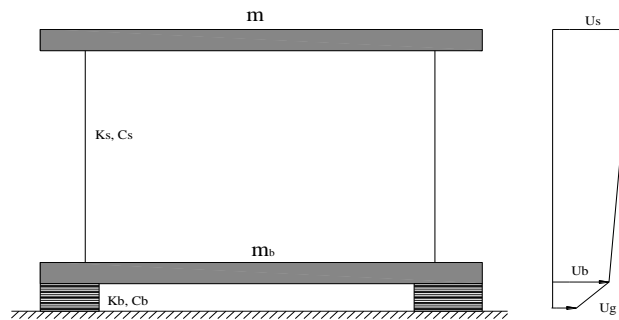


Рисунок 15 - Параметры расчетной модели объекта с системой сейсмоизоляции

9.2.4.1.3. Масса m соответствует надпорной части объекта.

Масса этажа, расположенного непосредственно над сейсмоизолирующими опорами - m_b .

Общая масса объекта - $M = m + m_b$.

9.2.4.1.4. Жесткость и затухание обозначены, соответственно k_s и c_s , жесткость и затухание сейсмоизолирующих опор - k_b и c_b .

9.2.4.1.5. Абсолютные перемещения масс здания обозначены через u_s и u_b , грунта - u_g . Относительные перемещения:

$$v_b = u_b - u_g; \quad v_s = u_s - u_g \quad (45)$$

9.2.4.1.6. Основное уравнение движения двухмассовой системы:

$$(m + m_b)\ddot{v}_b + m\ddot{v}_s + c_b\dot{v}_b + k_b v_b = -(m + m_b)\ddot{u}_g \quad (46)$$

$$m\ddot{v}_b + m\ddot{v}_s + c_s\dot{v}_s + k_s v_s = -m\ddot{u}_g$$

В матричной форме записывается в виде:

$$\begin{bmatrix} M & m \\ m & m \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \ddot{v}_b \\ \ddot{v}_s \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} c_b & 0 \\ 0 & c_s \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \dot{v}_b \\ \dot{v}_s \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} k_b & 0 \\ 0 & k_s \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} v_b \\ v_s \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} M & m \\ m & m \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} 1 \\ 0 \end{Bmatrix} \ddot{u}_g \quad (47)$$

или

$$M\ddot{v} + C\dot{v} + Kv = -M\ddot{u}_g \quad (48)$$

9.2.4.2 Частоты собственных колебаний определяются в виде:

$$\omega_b^2 = \frac{k_b}{m + m_b}, \quad \omega_s^2 = \frac{k_s}{m} \quad (49)$$

9.2.4.3 Факторы затухания β_b и β_s

$$2\omega_b\beta_b = \frac{c_b}{m + m_b}, \quad 2\omega_s\beta_s = \frac{c_s}{m} \quad (50)$$

9.2.4.4 Основные уравнения (46) запишутся в виде:

$$\gamma\ddot{v}_s + \ddot{v}_b + 2\omega_b\beta_b\dot{v}_b + \omega_b^2v_b = -\ddot{v}_g \quad (51)$$

$$\ddot{v}_s + \ddot{v}_b + 2\omega_s\beta_s\dot{v}_s + \omega_s^2v_s = -\ddot{v}_g,$$

где $\gamma = \frac{m}{m + m_b} = \frac{m}{M}$.

9.2.4.5 При расчете в линейной постановке задачи в качестве значений k_b и c_b – принимать эквивалентные жесткость и затухание резинометаллических опор, задаваемые изготовителем опор.

9.2.4.6 В случае использования нелинейной диаграммы деформирования опор « $R-v_b$ », полученной экспериментально, в уравнение (51), вместо $\omega_b^2v_b$ необходимо ввести восстанавливающую силу $R(v_b)$.

9.2.4.6.1 Кусочно-линейная и кусочно-нелинейная аппроксимации восстанавливающей силы $R(v_b)$ имеют различные аналитические выражения на различных участках деформирования (нагрузка, разгрузка).

9.2.4.6.2 Уравнение (51) в программе интегрируется поэтапно, с соблюдением условия сопряжения решений при переходах от одного участка диаграммы к другому.

9.2.4.7 Расчетная модель воздействия.

9.2.4.7.1 В качестве правой части уравнения (51) могут быть использованы акселерограммы реальных землетрясений и синтезированные записи ускорений (сценарные землетрясения).

Полученные таким образом записи учитывают расположение, ориентацию Объекта, состав грунтов и сейсмическую опасность площадки.

10 Технология устройства опор на объекте

10.1 Рекомендуется следующая последовательность производства работ (см. рисунок 16).

10.1.1. Возводятся несущие конструкции до уровня РМСО (6) и нижние обвязочные балки.

10.1.2 Устанавливаются нижние закладные детали (2) с приваренными к их нижней части гайками и анкерными стержнями.

10.1.3 Устанавливаются в проектное положение РМСО (5), с закрепленными на них верхними закладными деталями (3) с анкерными выпусками арматуры.

10.1.4 Устанавливается опалубка, выполняются надпорные монолитные перекрестные балки (1).

10.1.5 Возводятся несущие конструкции перекрытий (8) и вышележащей части объекта (7).

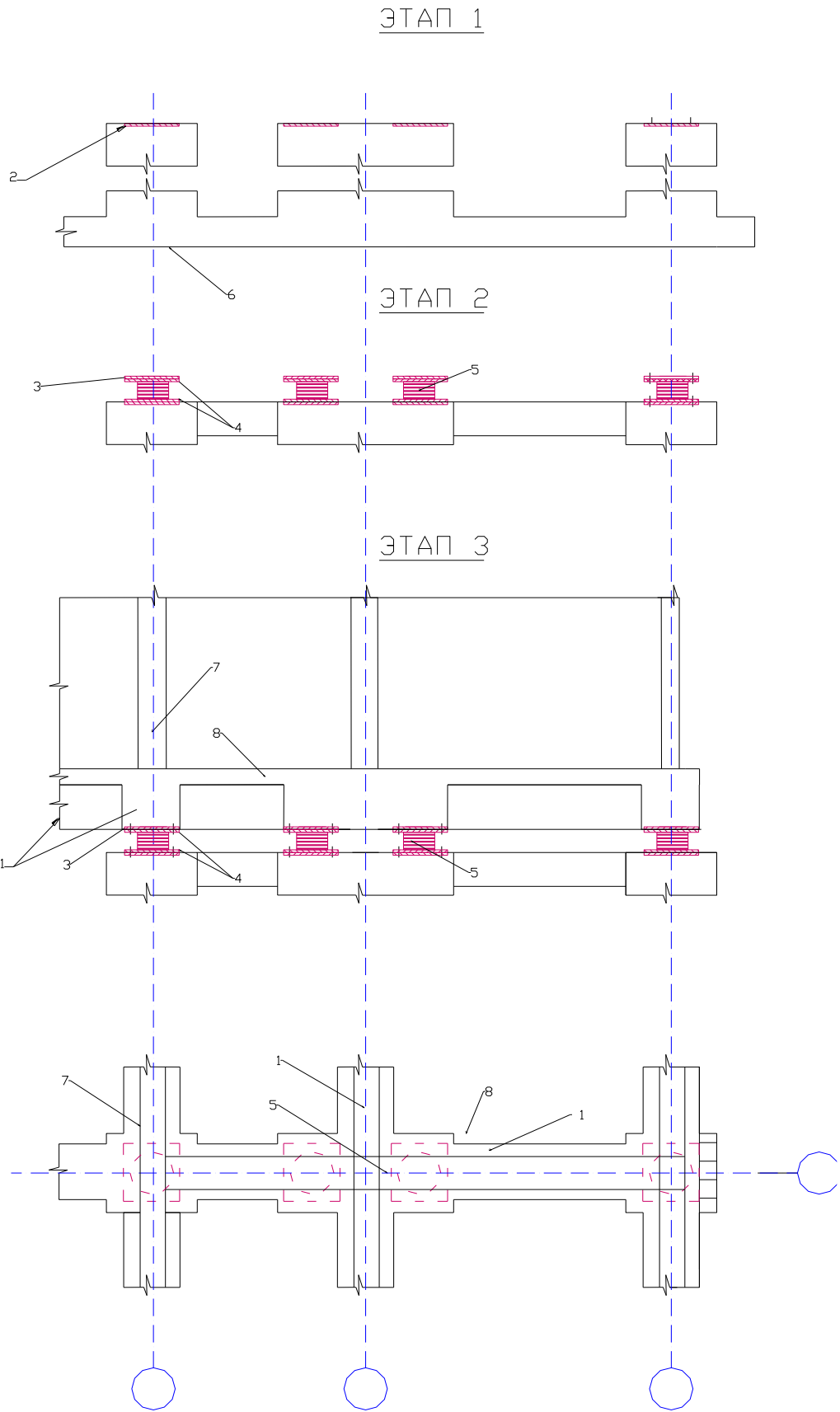


Рисунок 16 - Технология устройства сейсмоизоляции на объекте

10.2 Схема процесса установки РМСО.

После окончания подготовительных строительных работ в фундаментной части объекта, может быть начата работа по установке опор.

Схема процесса установки опор приведена на рисунке 17.

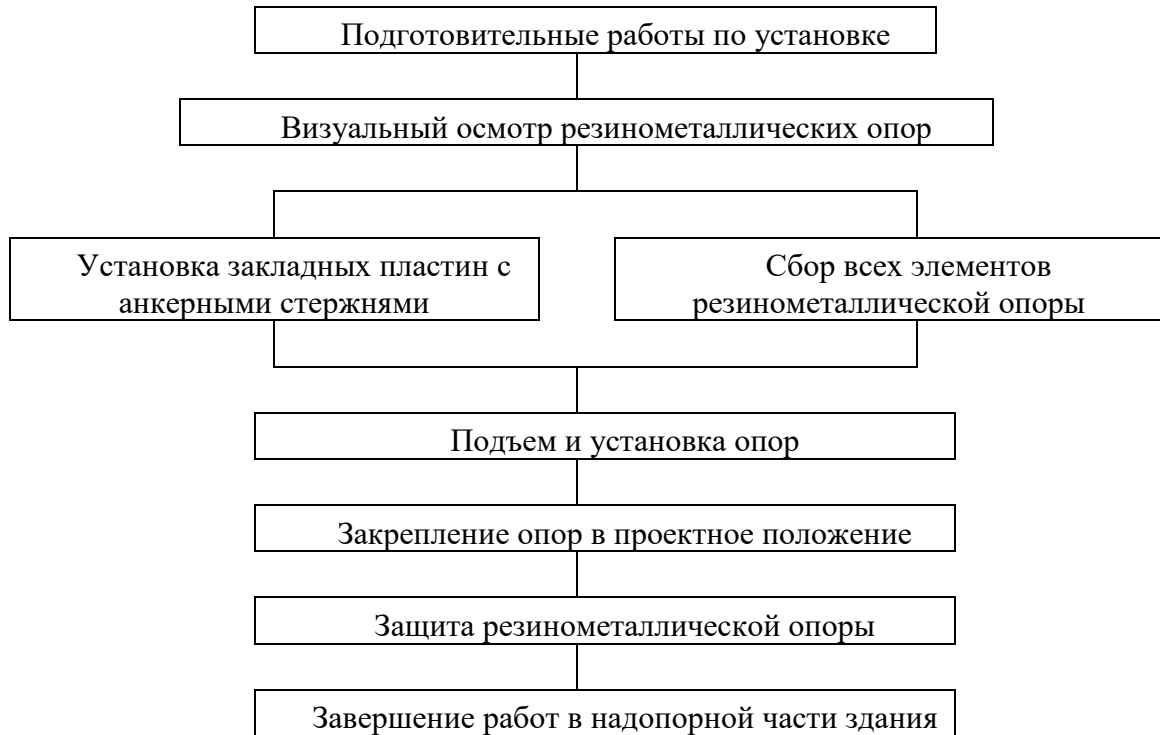


Рисунок 17 – Схема процесса установки опор

10.3 Подготовительные работы включают: техническую подготовку, подготовку оборудования и приборов, подготовку материала и технического персонала.

10.3.1 При технической подготовке:

- тщательно изучаются чертежи и документы с уяснением проектных обозначений и требований к качеству;
- проводится классификация технических требований;
- выполняется инструктаж рабочих, выполняющих установку опор;
- проверяются гарантийные обязательства по качеству опор. В случае обнаружения изъянов и недостатков – оцениваются возможные негативные последствия;
- для производства наблюдений за деформациями во время монтажа опор устанавливается регистрирующая аппаратура (датчики, приборы);

10.3.2 Подготовка оборудования и приборов.

Все оборудование и приборы, используемые при монтаже, включая теодолит, дальномерную рейку, нивелир, масштабные линейки, угольники, гаечный ключ, электросварочную машину и т.д. перед использованием, должны быть выверены и оттарированы.

10.3.3 Подготовка материала.

Следует подготовить все необходимые материалы для устройства опор, включая качественные высокопрочные резьбовые болты, стальные листы и т.д.

Все металлические изделия должны иметь антикоррозионное покрытие и быть проверены на наличие дефектов.

Стальной лист и все металлические изделия должны соответствовать СНиП П-23-81* «Стальные конструкции» (ISO 630:1995).

10.3.4 Необходимо проинструктировать технический персонал.

10.4 Основные этапы по установке РМСО.

10.4.1 Ревизия РМСО и сопутствующих элементов:

10.4.1.1 Проверка РМСО. Проверяются все соответствующие чертежи и документы, а также описание соединительных пластин с телом опоры;

10.4.1.2 Проверка нижней металлической пластины с анкерами, устанавливаемой под опору;

10.4.1.3 Проверка технических требований, размеров, качества и сварных стыков анкеров стальной пластины.

10.4.1.4 Рекомендации по установке и закреплению стальной пластины с анкерами:

- определите позицию подъема и оси нижней пластины теодолитом или нивелиром и зафиксируйте эти отметки;

- регулируется подъем и положение стальной пластины с анкерами с использованием деревянных клиньев различной толщины;

- после того, как нижняя стальная пластина с анкерами будет отвечать требуемым уровнем и положению в осях, для ее фиксации в проектном положении, анкерные стержни пластины следует приварить точечной сваркой к стержням арматуры основания под опору;

- затем вынимают деревянные клинья и повторно проверяют горизонтальность, соосность и отметку по высоте заанкеренной стальной пластины, защищают отверстия для болтов в пластине;

- после проверки, заливают бетон. Если резинометаллическая опора устанавливается на верху колонны, то заливаемый бетон должен быть на класс выше, чем бетон колонны.

10.4.2 Установка и защита резинометаллической опоры: \

- установить верхние и нижние соединенные пластины на РМСО;

- когда бетон достигнет 75% проектной прочности, очистить отверстия под болты в стальных заанкеренных пластинах. Смазать отверстия смазочным материалом, создавая изоляцию из слоя смазочного материала и упругой прокладки для того, чтобы иметь возможность в случае необходимости заменить опору в будущем;

- установить РМСО в проектное положение, согласно соответствующим чертежам;

- закрепить нижнюю соединительную пластину опоры к нижней заанкеренной пластине в основании при помощи высокопрочных болтов;

- проверить установленную опору. Убедитесь, что установка опоры выполнена в соответствии с требованиями проекта;

- выполнить антикоррозионную защиту пластин и внешних соединительных болтов. Затем предохраните РМСО от повреждения деревянными рамами на период строительства;

- произведите сварку верхних стержней стальной пластины со стержнями верхней арматуры надопорной конструкции. Затем выполните строительные работы в верхней части;

- ведите записи во время установки опор. Проводите наблюдения деформаций во время реставрации конструкций каждого этажа;

- после полного завершения установки конструкций элементов сейсмоизоляции, проверьте и убедитесь, что достаточно пространства для здания, чтобы двигаться вертикально и горизонтально в заданных пределах.

10.5 Контроль качества установки РМСО.

10.5.1 Перед установкой РМСО отметка по высоте отклонения нижней плоскости должна быть не более 5%. После установки отметка по высоте отклонения верхней плоскости резинометаллической опоры должна быть не более 10%.

10.5.2 Погрешность должна быть не более 5.0 мм между осями установленной РМСО и проектным положением.

10.5.3 Погрешность отметки по высоте между значением у смонтированной опоры и требуемой по проекту должна быть не больше 5 мм.

10.5.4 Различие высот между РМСО на одном основании должно быть не больше 5.0 мм.

10.5.5 В случае, если необходима корректировка поверхности бетона, то заливаемый бетон должен быть повышен на один класс по прочности.

10.6. Замечания по установке РМСО.

10.6.1 Горизонтальность поверхности резинометаллической опоры при ее установке будет влиять на поведение РМСО во время воздействия. Поэтому необходимо тщательно контролировать горизонтальность поверхности опоры.

10.6.2 Закрепление стержней основания и анкерных стержней стальной пластины опоры должно быть таким, чтобы при бетонировании не произошел их случайный сдвиг. Необходимо следить, чтобы не происходило случайных смещений РМСО по высоте, по осям или по горизонтали.

10.6.3 При сборке РМСО, закручивании болтов, избегайте деформаций между соединительными пластинами и телом опоры.

10.6.4 Во время установки, расположение РМСО, соединительной пластины и стальной пластины с анкерами должны быть отрегулированы правильно. Тщательно монтируйте РМСО.

10.6.5 Примите меры предосторожности по защите РМСО опор после установки.

10.7 Сроки установки РМСО

10.7.1 Для исключения деформирования и обеспечения надежности строительных конструкций верхней части здания, расположенного над опорами, производство работ по установке опор должно производиться постепенно в соответствии с технологическим графиком.

10.7.2 После завершения всех работ необходимо убедиться в том, что стабилизировались осадки основания. Проверить горизонтальность поверхностей всех опор.

11 Допуски при производстве опор

Измерения готовых изделий должны быть проведены при температуре $23^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, выдержанных после термообработки в течение 24 часов или более.

Измерительные приборы для проведения замеров должны использоваться согласно требуемой точности.

11.1. Измерение диаметра опоры.

11.1.1 Метод измерения.

Замеры верхних и нижних поверхностей тела РМСО (не замеры соединительных пластин) должны быть проведены в 2-х позициях.

Для опор круглого типа, определение размеров диаметров должно быть произведено в двух взаимно перпендикулярных направлениях по двум концам.

На рисунке 18 изображены примеры замеров диаметра опоры.

11.1.2 Допускаемые отклонения.

Допускаемые отклонения диаметра D' приведены в таблице 10, в соответствии с номинальными размерами изделия.

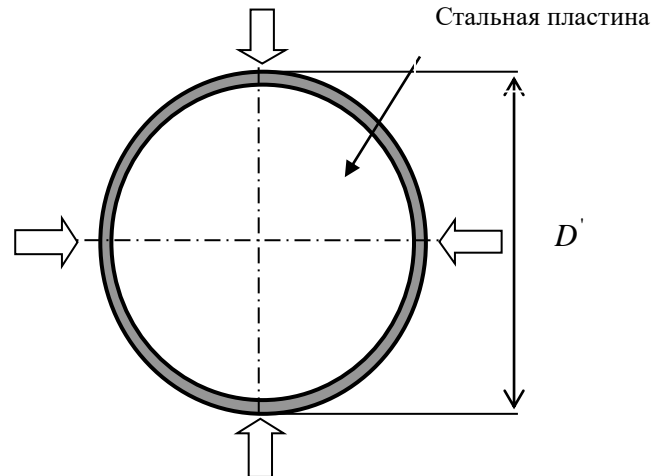


Рисунок 18 - Пример позиций измерения диаметра опоры

Таблица 10 - Допускаемые отклонения размеров в плане РМСО

Номинальные размеры в плане (D') мм		Допуски
Свыше	максимум	
—	500	± 5мм
500	1500	± 1%
1500	—	± 15мм

11.1.3 Высота изделия.

Следующие стандарты должны применяться как к полной высоте (H), включающей установленные соединительные пластины, так и высоте (H_r), исключая установленные соединительные пластины.

11.1.4 Метод измерения.

Для круглых РМСО: измерения должны быть проведены в 4 концах двух диаметров (во взаимно перпендикулярных направлениях, см. рисунок 19).

Эти измерения должны производиться в углах или концах стальной пластины. Для квадратных соединительных пластин: измерения должны быть проведены в 4 углах.

11.1.5 Допускаемые отклонения высоты изделия должна быть следующими: ± 1.5% или ± 6.0 мм.

11.2 Горизонтальные поверхности.

11.2.1 Метод измерения.

Горизонтальность поверхности определяется в виде максимальной разницы между толщинами в 4 точках на окружности резинометаллических опор после сборки, с соединительными пластинами или без них (см. рисунок 20).

Измерения должны производиться в тех же позициях, что и при определении высоты изделия (H или H_r , см. рисунок 19).

$$\text{Горизонтальность поверхности: } \psi = \left| \frac{\delta_v}{D_f} \right| \text{ или } \left| \frac{\delta_v}{D'} \right|$$

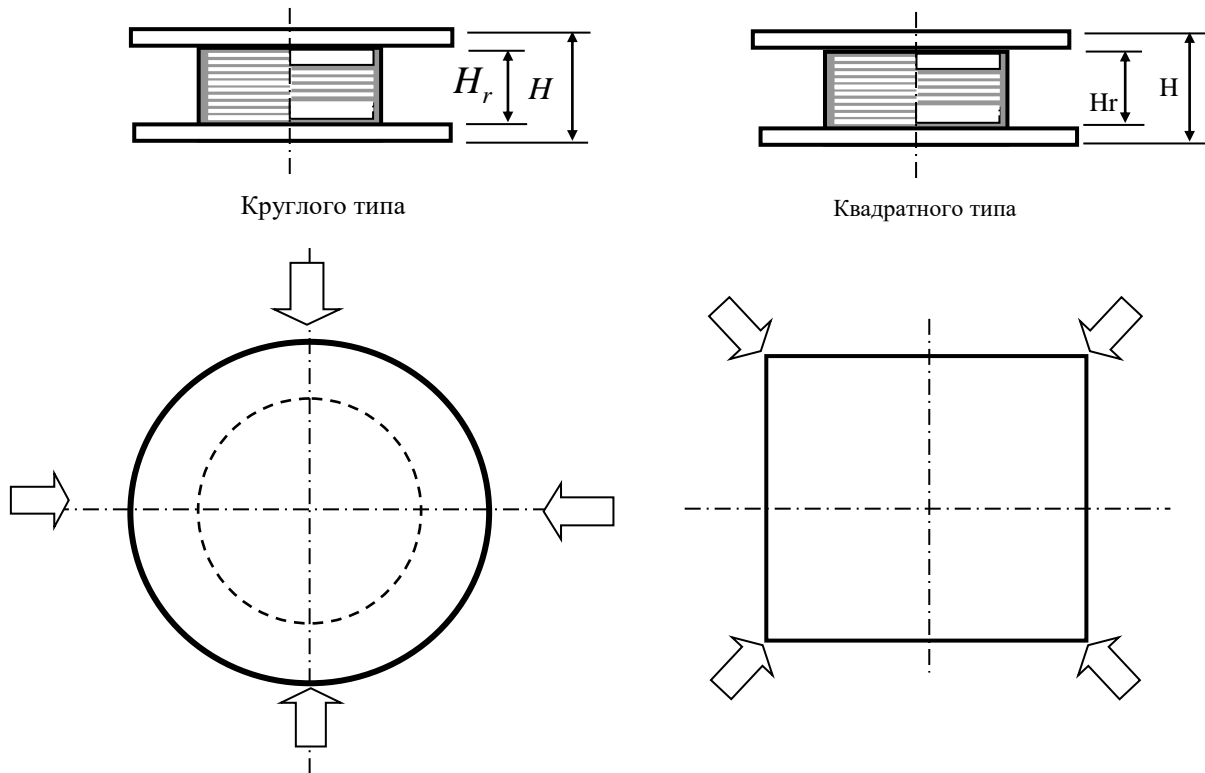


Рисунок 19 - Места замеров высоты РМСО

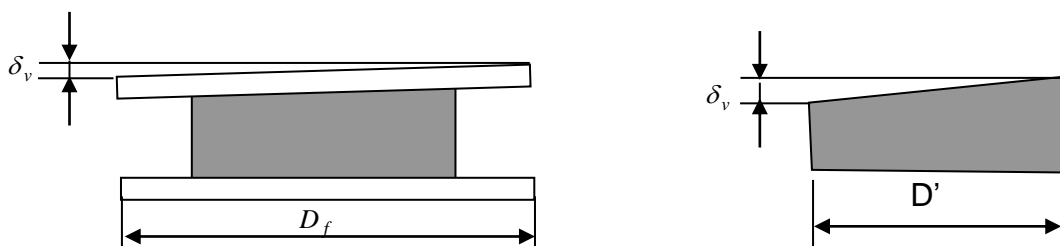


Рисунок 20 - Замеры горизонтальности поверхности

11.2.2 Допускаемые отклонения

Допускаемые отклонения горизонтальности поверхности изоляторов следующие: $|\psi| \leq \pm 0.25\%$ и $|\delta_v| \leq 3.0$ мм.

11.3 Горизонтальное смещение.

Горизонтальное смещение ограничено для максимального смещения между верхом и низом фланцев в 2-х точках на окружности соединительных пластин (фланцев) в 2-х взаимно перпендикулярных направлениях.

Измерения должны производиться в тех же позициях, что и при определении высоты изделия (H или H_r , см. рисунок 21).

11.3.1 Допускаемые отклонения

Горизонтальное смещение (δ_H) резинометаллических изоляторов должно быть следующее - $\delta_H \leq 5.0$ мм.

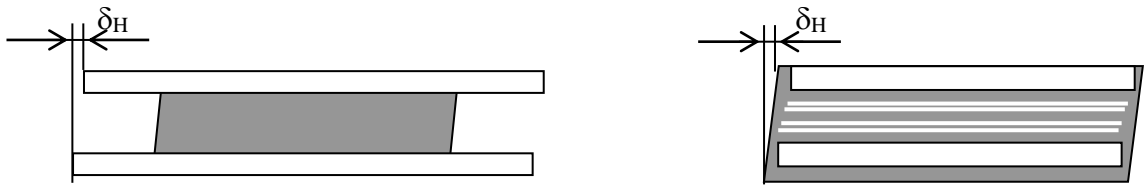


Рисунок 21 - Замеры горизонтальных смещений

11.4 Замеры соединительных пластин в плане.

Схемы проведения замеров показаны на рисунке 22.

Допускаемые отклонения размеров соединительных пластин в плане приведены в таблице 11.

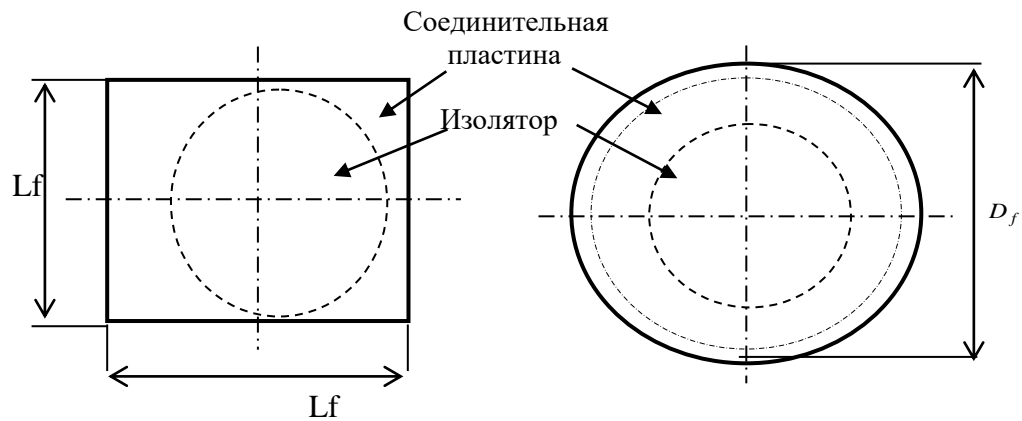


Рисунок 22 - Замеры соединительных пластин в плане.

Таблица 11 - Допускаемые отклонения размеров соединительной пластины, мм

D_f (или L_f) < 1000	$1000 \leq D_f$ (или L_f) < 3150	$3150 \leq D_f$ (или L_f) < 6000
±2.0	±2.5	±3.0
±2.5	±3.0	±3.5
±3.5	±4.0	±4.5

Таблица 12 - Допускаемые отклонения толщины соединительной пластины (мм)

Номинальный размер		D_f (or L_f) < 1600	$1600 \leq D_f$ (or L_f) < 2000
Свыше	Максимум		
10.0	25.0	±0.65	±0.75
25.0	40.0	±0.70	±0.80
40.0	63.0	±0.80	±0.95
63.0	100.0	±0.90	±1.10

11.5 Толщина соединительной пластины.

Допускаемые отклонения толщины соединительной пластины приведены в таблице 12.

11.6 Положение отверстий для болтов на соединительных пластинах.

11.6.1 Метод измерения.

Горизонтальное смещение установлено для максимального смещения между верхом и низом соединительных пластин в 2-х точках на окружности, в 2-х взаимно перпендикулярных направлениях.

11.6.2 Допускаемые отклонения.

Допускаемые отклонения положения отверстий для болтов на соединительных пластинах приведены в таблице 13.

Таблица 13 - Допускаемые отклонения положения отверстий для болтов (мм)

Номинальный размер (мм)		Допуски
Свыше	Максимум	
-	1000	± 0.8
1000	2000	± 1.2
2000	-	± 2.0

12 Маркировка и наклейка ярлыков

Маркировка и наклейка ярлыков используются для контроля над качеством изделий и требуются с целью разъяснения работы с изделием и исследования истории поведения изделий после их установки в здании.

12.1 Сведения, включаемые в маркировку и ярлык

PMCO должны быть обозначены со следующими пунктами описания свойств:

- название изготовителя или эмблема фирмы (могут быть использованы оба названия);
- тип PMCO, который должен быть описан следующим образом: [классификация демпфирующей способности] - [тип основного полимера] - [типы встроенных демпфирующих устройств, L: для свинцового сердечника].

Код основного полимера для HD должен следовать из ISO 1629 Резина и латексы – Номенклатура.

Например:

Таблица 14

Тип	Код
Изолятор с низким демпфированием	LD- (Основной полимер)
PMCO с высоким демпфированием	HD- (Основной полимер)
PMCO со свинцовым сердечником	HD-NR-L

- серийный или порядковый номер, произведенного изделия;
- размеры (например: размер поперечного сечения круглой опоры диаметром 800 мм обозначается D-800).

12.2 Условия для нанесения маркировки и ярлыков.

12.2.1 Маркировка должна располагаться на боковых поверхностях.

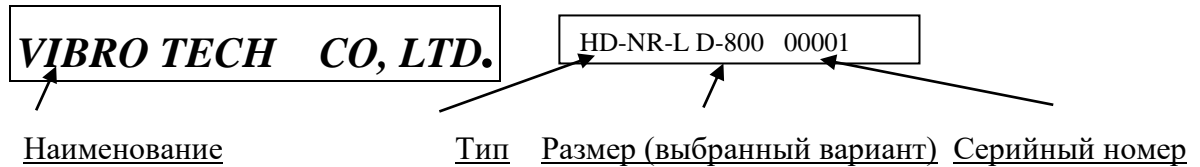
12.2.2 Маркировка должна быть водостойкой, стойкой к истиранию, нормальному износу и разрыву.

12.2.3 Маркировка должна быть достаточно крупная, чтобы быть легко читаемой.

Размер знака должен быть больше 5 мм как по ширине, так и по высоте.

12.2.4 Пример нанесения маркировки и ярлыков приведен на рисунке 23.

< Маркировка, пример -1 >



< Маркировка, пример -2 >

Маркировка может быть выполнена в две строки следующим образом

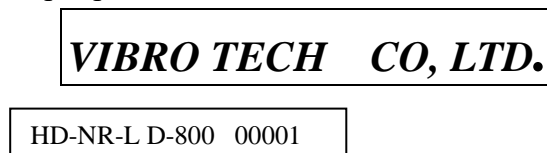


Рисунок 23 – Пример нанесения маркировки и ярлыка

13 Материалы, представляемые заказчику

13.1 Все материалы должны быть представлены заказчику.

13.2 Предпроектные работы.

До начала выполнения проектных расчетов, представляются исходные данные для проектирования сейсмоизолирующих опор. Включаются типовые проектные расчеты для одной опоры.

13.3 Проектные расчеты.

Вычисления должны быть представлены в прилагаемом томе с полным оглавлением. Все страницы расчетов должны быть пронумерованы и разделы отделены абзацами. Расчеты с рисунками и спецификациями должны быть отпечатаны, подписаны и представлены для просмотра и согласования.

13.4 Рабочие чертежи. Рабочие чертежи должны включать чертежи для изготовления, шаблоны для болтов и таблицы. Рабочие чертежи должны быть оформлены и подписаны. Рабочие чертежи представляются для каждого типоразмера резинометаллических опор, указывая размеры, вес изолятора и составляющие материалы.

13.5 Результаты оценки соответствия (сертификация).

Представляются следующие документы, составленные и подписанные независимым уполномоченным агентством по сертификации, одобренные заказчиком:

13.5.1 Сертификат, что все испытательное оборудование было проверено по соответствующим стандартам, отвечающим цели контракта.

13.5.2 Заключение сертифицированной организации по всем поставляемым стальным и ламинированным пластинам фирме изготовителю опор.

13.6 Программа испытаний.

До начала испытания материала опор и самих опор представляется разработанная программа с указанием приблизительной даты каждого этапа испытаний. Заказчику передают

названия и адреса предполагаемых исполнителей проведения испытаний. В случае пересмотра программы испытаний, представляется ее обновленный вариант.

13.7 Инспекция и отчеты испытаний.

Представляются две копии каждого из следующих отчетов испытаний:

13.7.1 Отчеты испытаний резины. Представляются отчеты испытаний образцов всех компонентов резины, до начала изготовления опытных образцов опор.

13.7.2 Отчеты по этапам испытаний опор, предназначенных для эксплуатации. Представляются данные по испытаниям опор каждого типа после завершения вида испытания опоры и до поставки к месту монтажа.

13.7.3 Заключительный отчет испытания РМСО. Представляется заключительный отчет испытания сейсмоизолирующей опоры после завершения всех этапов испытаний опор, предназначенных для эксплуатации.

13.8 Перепроектирование и повторное испытание.

Изготовитель обязан обеспечить РМСО соответствие требованиям чертежей и спецификаций. Если на стадии испытания образцов выяснится, что изготовитель запроектировал опоры, не отвечающие проектным требованиям, изготовитель должен перепроектировывать и заново испытывать сейсмоопоры до тех пор, пока они не будут удовлетворять всем проектным требованиям, без привлечения дополнительных средств со стороны заказчика.

14 Испытания и контроль.

14.1 Контроль качества.

14.1.1 Все материалы испытаний и контроля изготовления должны быть представлены в соответствии с требованиями, приведенными здесь.

14.1.2 Затраты на контроль качества испытаний и проверки должны быть оплачены изготовителем опор. Затраты всех повторных испытаний и перепроверок опор и материалов, которые были забракованы, должны быть оплачены изготовителем опор.

14.1.3 Присутствие специалистов научно-исследовательских организаций необходимо на следующих этапах производства работ:

- при проведении испытаний опытных образцов опор и опоры, предназначенной для эксплуатации перед отправкой партии опор Заказчику;
- при установке опор в проектное положение на строительной площадке (при установке трех опор каждого типа).

Все затраты, связанные с деятельностью специалистов при проведении указанных работ, оплачиваются заказчиком.

14.2. Гарантия качества.

14.2.1 Все расходы на проверку и испытания РМСО осуществляются за счет заказчика.

14.2.2 Дополнительные меры по контролю за качеством изделий определяются заказчиком и осуществляются за его счет.

14.2.3 Представитель заказчика (инспектор) контролирует изготовление опор на соответствие одобренным проектным чертежам и спецификациям.

14.2.4 Контроль должен выполняться для следующих стадий изготовления резинометаллических опор:

- оборудование для испытаний. Осмотр испытательного оборудования;
- испытания материалов. Контроль испытаний;
- испытания опытного образца опоры. Освидетельствование и контроль испытаний;
- испытания РМСО, предназначенной для эксплуатации. Освидетельствование и контроль испытаний;

- отчеты с результатами испытаний. Инспектор должен представить инспекционные отчеты заказчику. Инспектор должен представить окончательно подписанный отчет, в котором отразить, что проведенные работы изготовителем отвечают одобренным проектным чертежам и спецификациям, с точки зрения инспектора.

14.2.5 Инспектор, утвержденный заказчиком должен присутствовать непрерывно в течение процесса испытаний.

Если у инспектора возникли претензии по поводу качества испытываемого образца РМСО, он обязан об этом известить изготовителя и отложить образец для дополнительной проверки.

Заказчик (либо его представитель) вправе распорядиться о проведении дополнительной экспертизы РМСО (например, путем разрезки ее вертикально пополам).

В случае обоснованности претензий по результатам проведения дополнительной экспертизы изготовитель за свой счет обязан возместить утраченное изделие.

14.2.6 Фирма - изготовитель РМСО обязана обеспечить условия для нормальной работы представителя - заказчика.

15 Поставка, хранение и обращение

15.1 Изготовитель должен обеспечить РМСО письменной инструкцией по обращению, подъему и установке.

15.2 Поставка рабочих и дополнительных опор к месту установки должна производиться в защитной упаковке. Любые поврежденные или поцарапанные опоры должны быть заменены новыми опорами того же самого типа. Поставка опор должна производиться за счет производителя.

15.3 Опоры должны храниться на деревянных поддонах, снабжаемых изготовителем опор, чтобы иметь возможность транспортировку опор автокаром к участку работы. Хранить опоры в чистом месте и защищать от грязи, паров, строительного мусора и физического повреждения.

15.4 Необходимо всегда осуществлять осторожность при обращении с опорами, чтобы предотвратить повреждения, разрушения, вдавливание или зарубки.

15.5 Использовать оснастку изготовителя опор и инструкции по установке для разгрузки РМСО и перемещения их к месту окончательного расположения.

15.6 Болтовые шаблоны для использования поставляются к рабочему месту подрядчиком (проектировщиком /строителем). Упакованные шаблоны предохранять от повреждений, изгиба или вдавливаний.

15.7 Предпродажная подготовка и окраска. Незащищенные стальные части должны иметь один рабочий защитный слой краски. Стальные поверхности должны быть продуты и очищены, в соответствии с рекомендациями изготовителя краски. Краска должна накладываться толщиной (0.0625-0.0875) мм толщиной в сухом состоянии. На неметаллические части для защиты должна быть нанесена замазка.

15.8 Все болты, крепящие соединительные пластины, должны быть прикручены к опорам до упаковки и поставки, как показано на чертежах. Если требуются дополнительные отверстия, они должны быть просверлены с использованием металлических шаблонов для точной установки с соединяемыми пластинами.

16 Пожарная безопасность

16.1. Предлагаемое в настоящих рекомендациях техническое решение теплоизоляции РМСО (защита от огня) разработано на основе экспериментальных исследований, проведенных Лабораторией противопожарных исследований ЦНИИСК им. В.А.Кучеренко.

16.2 Учитывая отсутствие данных об изменении прочностных и упругих характеристик резины в условиях воздействия высоких температур, используемой при изготовлении сейсмоопор, при разработке технических решений приняты следующие начальные и граничные условия:

- Время теплового воздействия – 120 мин;

- Температурно-временной режим теплового воздействия: $T = T_n + \log_{10}(8t + 1)$,

где: T – температура, °С; t – время, мин; $T_n = 20^\circ\text{C}$ – начальная температура.

Температурно-временной режим «стандартного» пожара определяется по ГОСТ 30247.0-94 «Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования».

Таблица 15 – Параметры испытаний опор

Пространственная характеристика теплового воздействия	- двумерное температурное поле;
Предельная температура нагрева сейсмоопор	- 100°C через 120 мин теплового воздействия;
Допущения	- теплопроводность и теплоемкость железобетонных опор не учитывается.

16.3 Учитывая необходимость периодического профилактического осмотра РМСО в процессе эксплуатации объекта, а также схему их установки, в качестве теплоизоляции опор предлагается использование негорючих плит из супертонкого базальтового волокна на неорганическом связующем плотностью не менее $180\text{-}200\text{ кг/м}^3$ и температурой плавления волокна не менее 1100°C , изготавливаемых по ТУ 576940-027-5042022414-96*.

16.4 Теплоизоляция выполняется в виде двух полусфер из базальтовых плит (см. рисунок 24).

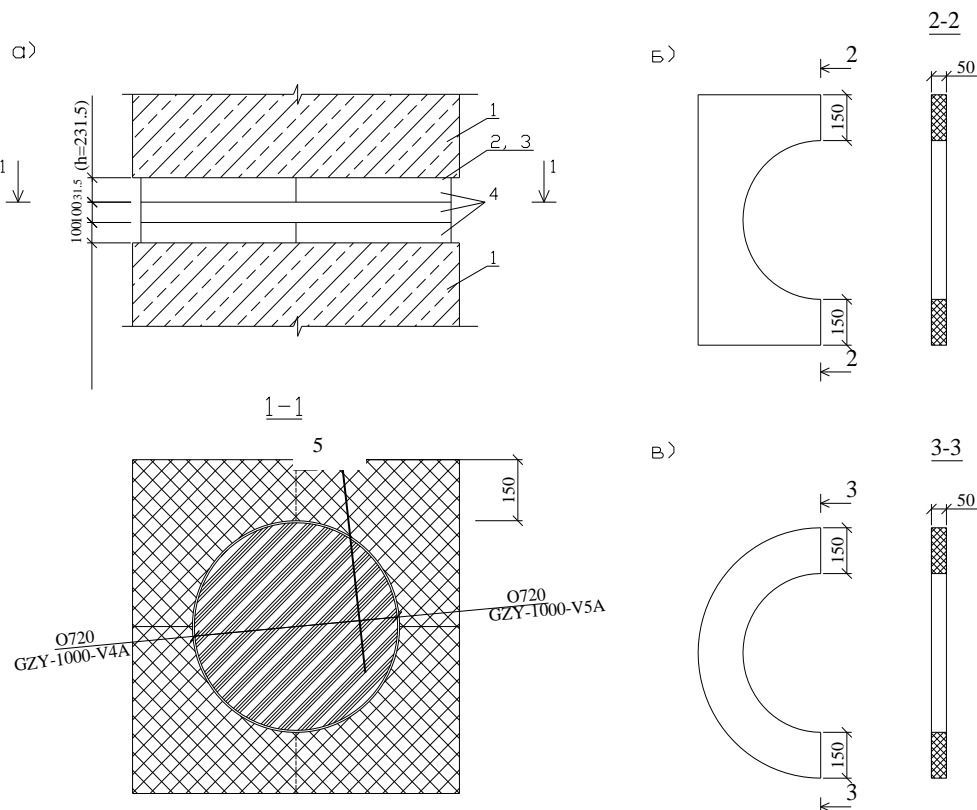


Рисунок 24 - Техническое решение теплоизоляции РМСО

а) схема огнезащиты сейсмоопор; б) схема базальтовых плит-сегментов (квадратной); в) то же (круглой);

1 – железобетонная стойка под опору; 2 – гипсокартонный лист (ГВК); 3 – огнезащитный состав ХТ8000; 4 – базальтовые плиты-сегменты; 5 – РМСО

Например, для GZY 700 V5A полусферы принимаются с внутренним радиусом 720 мм, послойно набираемых из отдельных плит-сегментов.

16.5 Для исключения образования сквозного теплового моста в местах вертикальных стыков сопрягаемых сегментов, стыки плит-сегментов соседних рядов должны располагаться «вразбежку» относительно друг друга.

16.6 Кроме того, сверху ГКЛ должна быть установлена прокладка из стекловолокна, пропитанная огнезащитным вспучивающимся покрытием ХТ-8000 по ТУ 34.114767728-03 (с изм. №1) Минтопэнерго РФ с расходом не менее 3 кг/м².

16.7 Наружные поверхности плит-сегментов, а также их торцевые стыковые поверхности должны быть перед монтажом покрыты огнезащитным составом на основе силикатов (жидкого стекла) с расходом не менее 2-2,1 кг/м² для исключения конвекционной составляющей теплового потока.

16.8 После нанесения огнезащитного покрытия необходимо сделать технологический перерыв для отверждения огнезащитного состава и только после этого производить монтаж огнезащиты сейсмоопор.

16.9 В качестве огнезащитных силикатных составов могут быть рекомендованы составы «Эсма», ОПВ-180 и подобные им.

16.10 Монтаж базальтовых плит-сегментов вокруг РМСО должен производиться таким образом, чтобы исключить зазоры в месте сопряжения с верхней железобетонной опорой.

16.11 Минимальная толщина плит-сегментов назначается равной 120 мм.

16.12 Принятая толщина обусловлена результатами огневых испытаний стальной балки, защищенной плитами из супертонкого базальтового волокна толщиной 100 мм, изложенным в протоколе огневых испытаний ЦПИТЗС ЦНИИСК № 8-96. При этом учитывается обстоятельство, что при применении этих же плит для теплозащиты РМСО ориентация базальтовых волокон в них совпадает с плоскостью вектора теплового потока, что приводит к увеличению температуропроводимости этого материала примерно 35-45%.

Кроме того, при толщине плит равной 100 мм значительно возрастает вероятность разрушения плиты-сегмента при их резке и изготовлении.

16.13 Для исключения возможного смещения плит-сегментов из проектного положения в процессе эксплуатации рекомендуется устройство по периметру железобетонных сейсмоопор защитных экранов.

17 Гарантийный срок службы

К изделиям РМСО предъявляются требованиями по долговечности.

Гарантийный срок эксплуатации опор определяется в контракте на поставку продукции.

Как правило, срок использования изделия устанавливается не менее 70 (семидесяти) лет с момента поставки продукции по контракту, без нарушения рекомендуемых условий эксплуатации.

18 Декларации о соответствии (свидетельства и сертификаты)

Пригодность резинометаллических опор для эксплуатации должна быть подтверждена в порядке, установленном действующим Российским законодательством, международными договорами и в соответствии с международными стандартами.

Ниже приведены примеры документов, являющиеся обязательными при заключении контракта на поставку продукции, установленные международной практикой.



中国方圆标志认证委员会
方圆标志认证中心

CERTIFICATE OF CONFORMITY OF QUALITY MANAGEMENT SYSTEM CERTIFICATION

This is to certify that the quality system of

**SHANTOU VIBRO TECH INDUSTRIAL AND
DEVELOPMENT CO.,LTD.**

No.5, Xinxia Road, Shantou City, Guangdong Province

P.C.: 515041

is in conformity with

GB/T 19001-2000 idt ISO9001:2000 Standard

This certificate is valid to the following product(s)/service:

Design and manufacture of rubber isolation bearing

(Further clarifications regarding the scope of this certificate and the applicability of GB/T19001-2000 idt ISO9001:2000 requirements may be obtained by consulting the organization)

Registration No.: 1903Q12327R1S

Issue Date: 2003-06-13

Term of Validity: From 2003-06-13 To 2006-06-12

Representative of
the Centre:

Zhang Wei

Zhangwei

**China Certification Committee
for Quality Mark-
Certification Centre**



Registration Number: SC 19



CERTIFICATE

IQNet and CQM
hereby certify that the organization

SHANTOU VIBRO TECH INDUSTRIAL AND
DEVELOPMENT CO.,LTD.

No.5, Xinxia Road, Shantou City, Guangdong Province

Postcode.:515041

is in conformity with

ISO9001:2000 Standard

This certificate is valid to the following product(s)/service:

Design and manufacture of rubber isolation bearing

Issued on: 2003-06-13

Validity date: 2006-06-12

Registration Number : CN-1903Q12327R1S



Dr. Fabio Roversi
President of IQNet

Zhang Wei
CEO of CQM



IQNet Partners*

AENOR Spain AFAQ France AIB-Vincette International Belgium APCE Mexico APCER Portugal CISA Italy CQC China
CQM China CQS Czech Republic DQS Germany DS Denmark ELOT Greece FCAI Brazil FONDOSORMA1 Czechia
HKQAA Hong Kong ICONTEC Colombia IMC Mexico IRAM Argentina JQA Japan KEMA Netherlands KPC Korea MSZT Hungary
Nemko Certification Norway OQS Austria PCB Poland PSB Certification Singapore QMI Canada
SAI Global Australia SES Finland SHI Israel SIQ Slovenia SQS Switzerland SRAC Romania TEST St Petersburg Russia

IQNet is represented in the USA by the following partners: AFAQ, AIB-Vincette International, CISA, DQS, KEMA, NSI, QMI and SAI Global
* The list of IQNet partners is valid at the time of issue of this certificate. Updated information is available under www.iqnet-certification.com