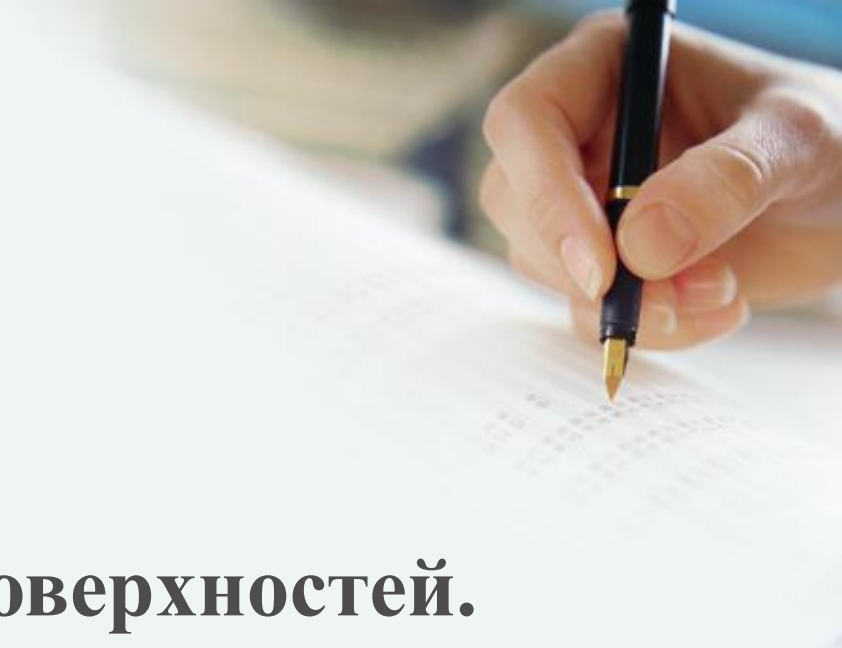




*Классификация систем активной
сейсмозащиты и способы сейсмозащиты
зданий и сооружений .*


Содержание.

- **1 Введение**
- **2 Методы усиления поверхностей.**
- **3 Конструктивных решения зданий.**
- **4 Примеры**
- **5 Литература**

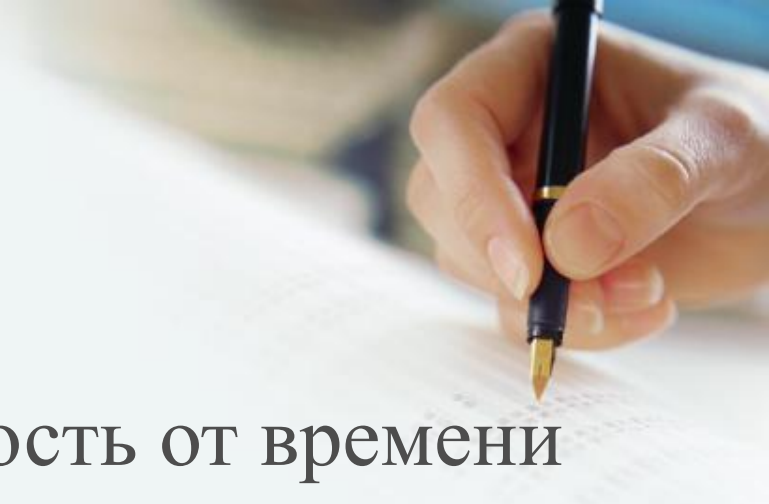


Введение.

На земном шаре ежегодно происходит свыше 300 тыс. землетрясений различной интенсивности [108, ПО]. Следствием землетрясений, особенно сильных, являются большие повреждения или обрушения непрочных (не сейсмостойких) зданий и человеческие жертвы. Имеется немало примеров землетрясений, в результате которых разрушались целые города и населенные пункты. Сильные землетрясения за последние годы произошли в Чили, 1960; Скопле, 1963; Ниигате, 1964; Каракасе, 1967; Перу, 1970; Сан-Фернандо, 1971; Никарагуа, 1972; Гватемале, 1976; Румынии, 1977; Турции, 1999 и 2002; Иране, 2003, к сожалению, примеры таких землетрясений могут быть приведены и для стран бывшего Союза ССР. Значительный ущерб нанесли Крымское, 1927; Кишиневское, 1940; Ашхабадское, 1948; Ташкентское, 1966; Джамбульское, 1971; Газлийское, 1976 и 1984 г.г.; Назарбекское, 1980; Армянское, 1988; Нефтегорское, 1995г. и другие землетрясения



В СООТВЕТСТВИИ С П. 2.26 СНИП II-7-81*
«СТРОИТЕЛЬСТВО В СЕЙСМИЧЕСКИХ РАЙОНАХ»
ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОСОБО ОТВЕТСТВЕННЫХ
СООРУЖЕНИЙ И ВЫСОКИХ (БОЛЕЕ 16 ЭТАЖЕЙ)
ЗДАНИЙ СЛЕДУЕТ ВЫПОЛНЯТЬ НА ОСНОВЕ РАСЧЕТА С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АКСЕЛЕРОГРАММЫ
СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ С УЧЕТОМ
ВОЗМОЖНОСТИ РАЗВИТИЯ НЕУПРУГИХ ДЕФОРМАЦИЙ
КОНСТРУКЦИЙ И ОСНОВАНИЯ. ЭТО ПРАВИЛО В
ПОЛНОЙ МЕРЕ ОТНОСИТСЯ И К ЗДАНИЯМ,
ОСНАЩЕННЫМ СИСТЕМАМИ СЕЙСМОЗАЩИТЫ

A close-up photograph of a person's hand holding a black pen with a gold nib, writing on a white document. The background is blurred, showing a desk and a book.

Акселерограмма— зависимость от времени абсолютного ускорения данной точки поверхности земли (или места крепления изделия), возникающего в результате землетрясения. (ГОСТ 17516.1-90, ГОСТ 30546.1-98)

Акселерограмма землетрясения в Иране (1978 год)

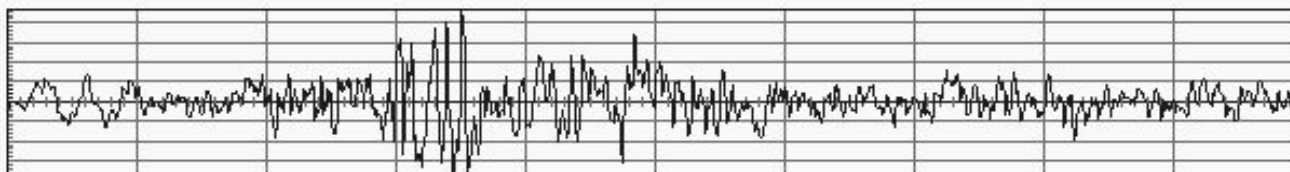


Рис. 1. Акселерограмма: $A_{max} = 0.934 \text{ g}$, $T = 20.0 \text{ c}$
шаг сетки графика: $a = 0.200 \text{ g}$, $t = 2.00 \text{ c}$

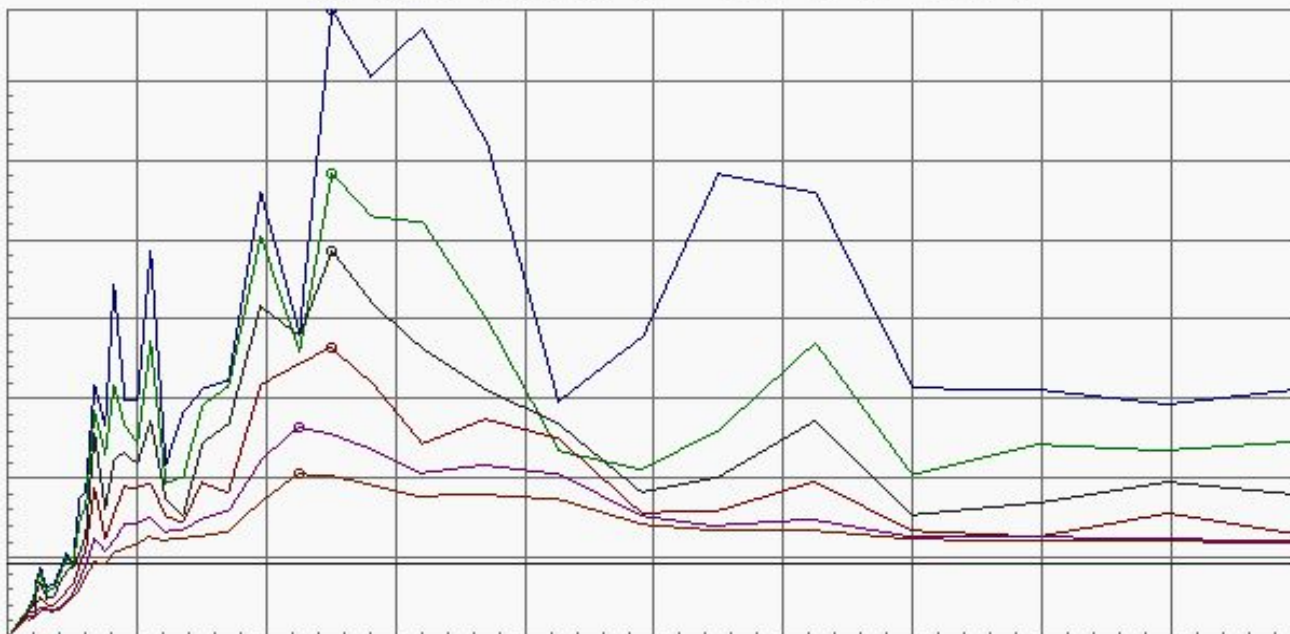


Рис. 2. Спектры Ответа акселерограммы $A(k, F) \text{ (g)}$ для частот $F = 0 \text{ - } 20.0 \text{ Гц}$;
шаг_a = 1.00 g ; $k = 0, 0.005, 0.020, 0.050, 0.100, 0.150$; шаг_f = 2.00 Гц



Сейсмоизоляции

```
graph TD; A[Сейсмоизоляции] --> B[Адаптивные]; A --> C[Стационарные];
```

Адаптивные

**динамические
характеристики
сооружения необратимо
меняются в процессе
землетрясения,
«приспосабливаясь» к
сейсмическому
воздействию.**

Стационарные

**динамические
характеристики
сохраняются в процессе
землетрясения.**




Традиционный

**имеющий целью
восприятие
действующих
сейсмических
нагрузок за счет
развития сечений
конструкций**

Специальный

**основанный на
снижении
сейсмических
нагрузок за счет
целенаправлен-ного
изменения
динамической
схемы работы
сооружения.**

Методы усиления сооружений



Наибольшее распространение среди систем стационарной сейсмоизоляции получили сейсмоизолирующие фундаменты (СФ), которые достаточно широко применяются в отечественной и зарубежной практике сейсмостойкого строительства.

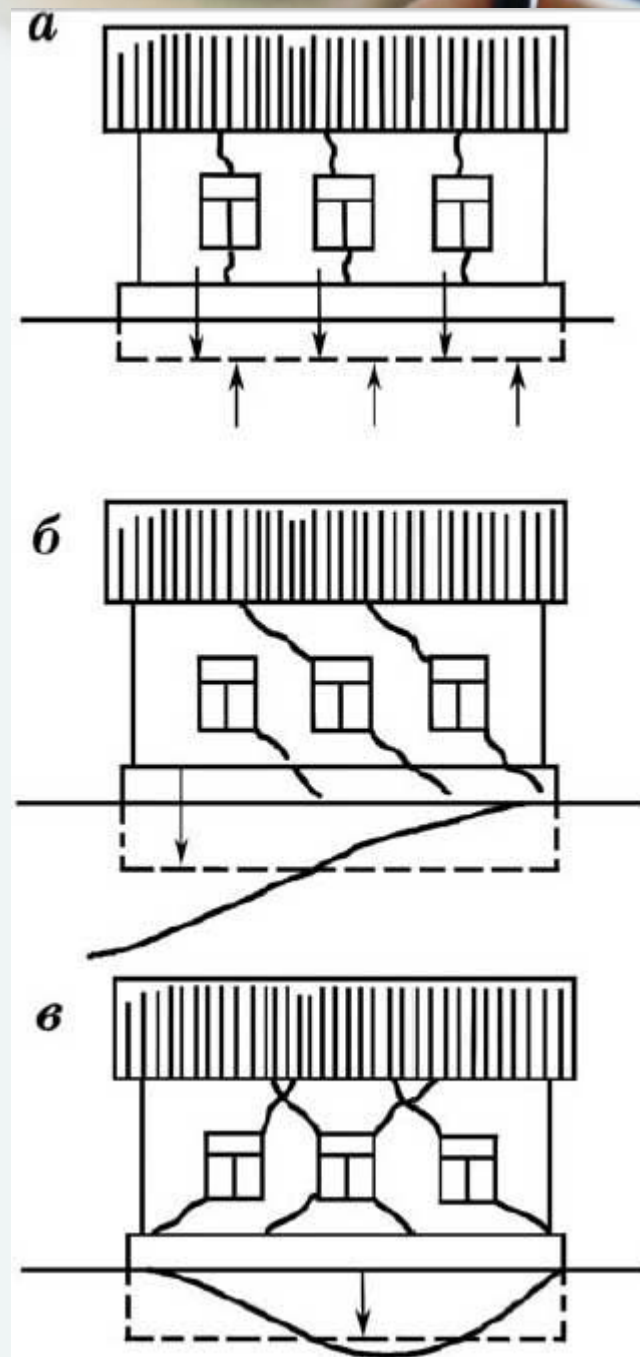
Все конструкции сейсмоизолирующих фундаментов можно подразделить на две большие группы в зависимости от того возникает или нет возвращающая сила при взаимном смещении сейсмоизолированных частей сооружения.

Сейсмостойкость фундаментов

- Самое опасное для фундамента – глубинные подвижки и сейсмические встряски нижних слоев грунта, их тектонические разломы.
- Такие слабые колебания не смогут разрушить или повредить здания или сооружения. Но и они опасны, так как способны воздействовать на местное состояние грунта: от детонации могут возникнуть смещение или оседание, вспучивание, что, в свою очередь, повлечет за собой обрушивание склонов холмов и оврагов, оползни, сели и лавины.
- При этом слабые пласты грунта могут либо осесть на нижние, либо приподняться, образуя при этом провалы, оползни, оседают фундаменты зданий и сооружений, деформируется основание построек.

Деформации малоэтажных жилых зданий, возведенных на просадочных грунтах, от физико-механических явлений и сейсмика

- **а** – в результате жестких усилий утяжеленного фундамента и грунта (искривление здания выпуклостью вверх (выгиб) с образованием вертикальных трещин в верхней части стен). Подобная деформация возможна от сейсмического воздействия;
- **б** – искривление здания выпуклостью вниз от усилия изгиба или прогиба наподобие косо́го среза (от проседания грунта);
- **в** – от местного сжатия по центру здания (просадка) перекрестные трещины, косые сдвиги слева направо и справа налево. В частности зависят от прочности нижних слоев грунта.



□ Землетрясение, как известно, характеризуется короткими толчками, исчисляющимися в доли секунды, в несколько секунд. Но этого времени достаточно, чтобы разрушить все слабо укрепленные, не обладающие особой прочностью и гибкостью здания и сооружения. Действительная причина землетрясений обусловлена перемещением блоков земной коры, которые теснейшим образом связаны с процессами тектонического порядка. Эти всплески удары распространяются от точки сдвига, наплыва, разлома на громадные пространства в виде детонационных отзвуков и полос.

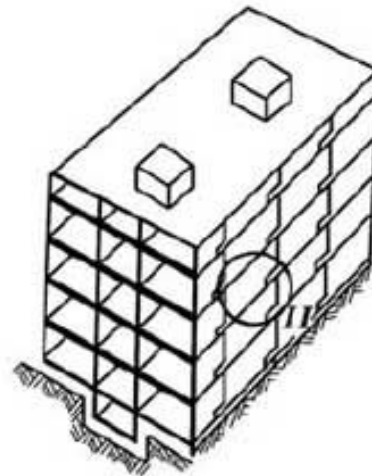


Примеры сейсмостойких конструкций в жилищном строительстве:

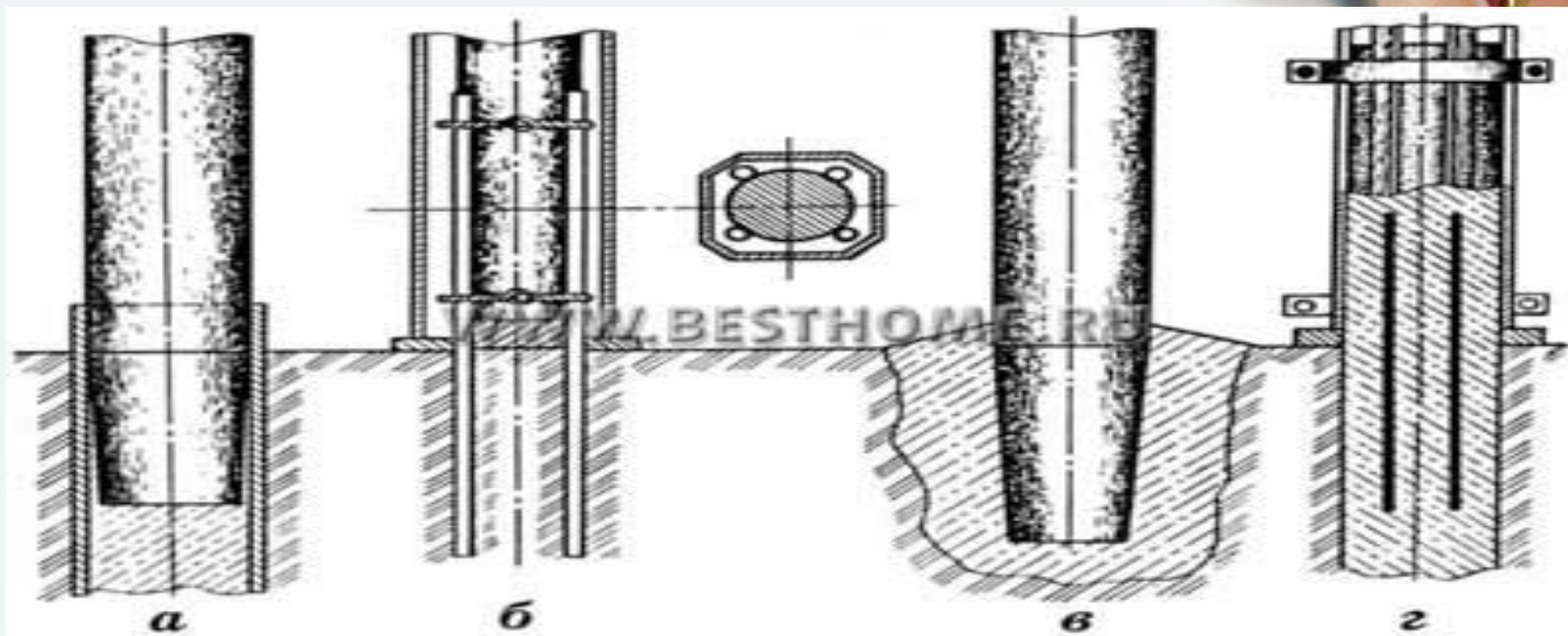
а – сейсмоизолирующая конструкция с выключающимися связями, использованная при сооружении жилых зданий в Северобайкальске Иркутской области

На рис. 19 показана наиболее простая система сейсмозащиты малоэтажного здания, которая использовалась в строительстве

- Б-сейсмоизолирующая конструкция сухих стыков, использованная при сооружении жилых зданий в Нерюнгри



- Кроме того, нередко используют металлические конструкции стоек, колонн, труб при усилении от ветровых нагрузок

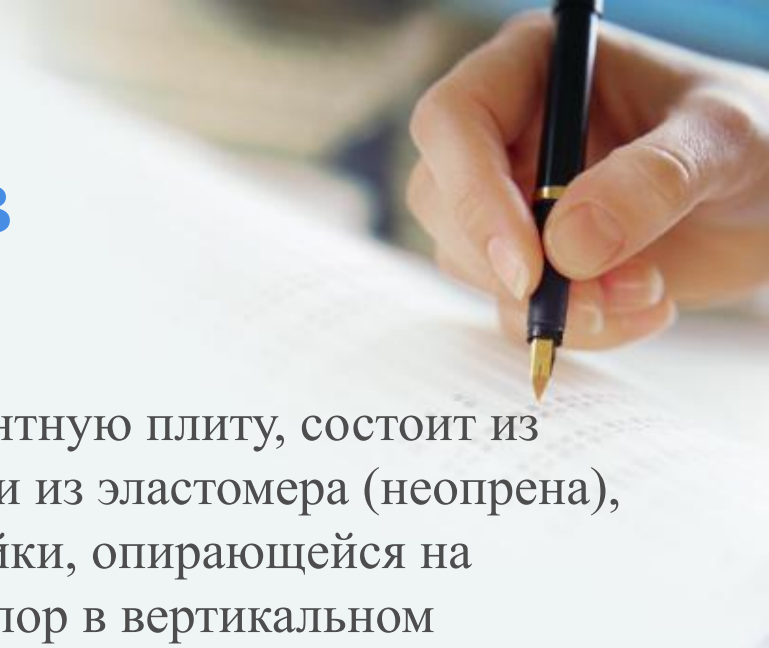


Примеры крепления в грунте опор конструкций, подверженных ветровой нагрузке:

а – с погружением в металлическую трубу, закопанную в землю и залитую бетоном; б – с зажатием проволочной закруткой между четырьмя металлическими стержнями (трубами, уголками, швеллерами), вбитыми или закопанными в грунт; в – с заливкой бетоном посадочного конца в яме (поверхность бетона выступает над уровнем грунта); г – с обжигом внешнего короба колонны полухомутиками вокруг цементного или бетонного столбика на арматуре

Виды фундаментов

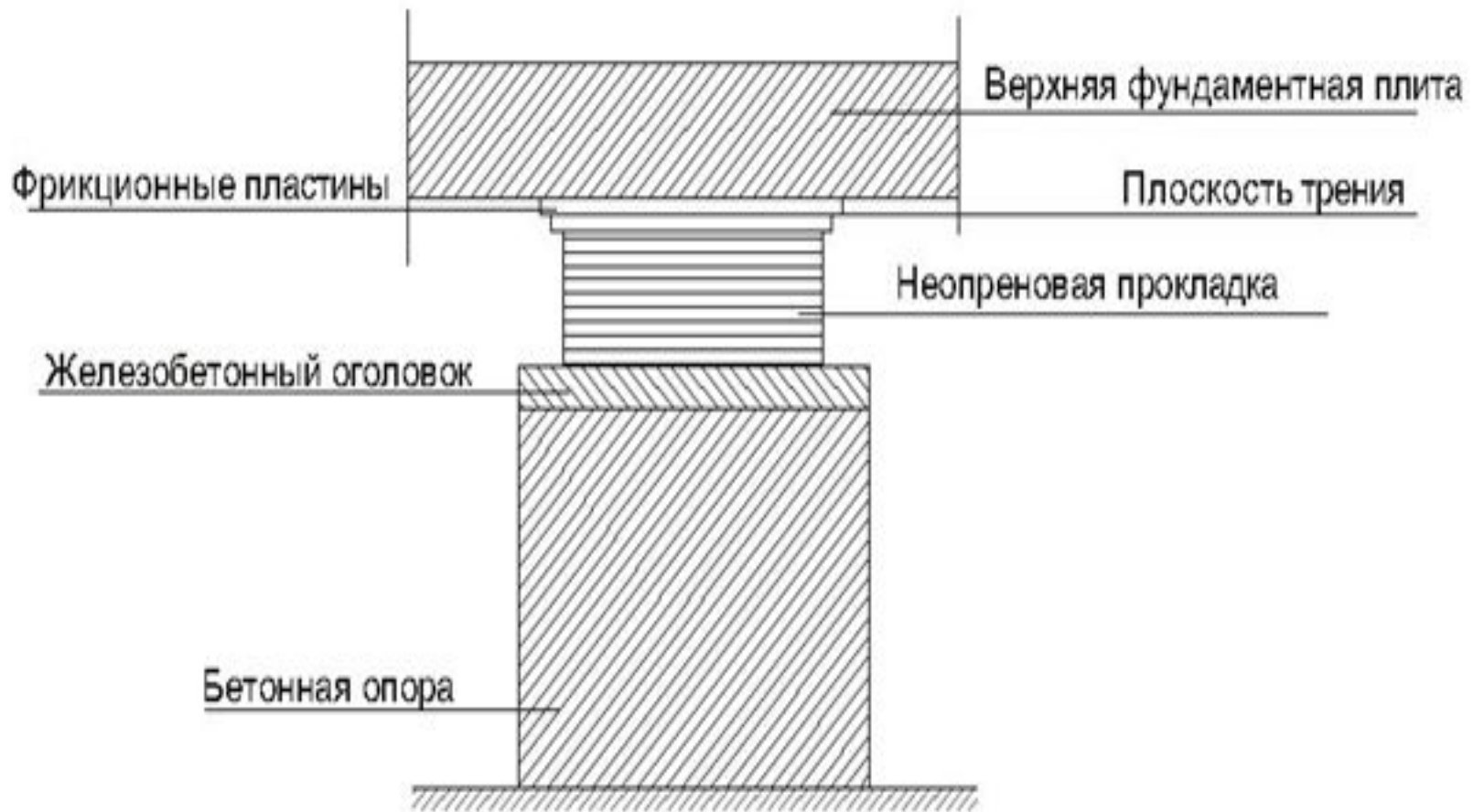
Опора, поддерживающая верхнюю фундаментную плиту, состоит из фрикционных плит, армированной прокладки из эластомера (неопрена), нижней фундаментной плиты, бетонной стойки, опирающейся на нижнюю фундаментную плиту. Жесткость опор в вертикальном направлении примерно в 10 раз выше, чем в горизонтальном. Сейсмоизолирующий фундамент фирмы Spie Batignolle является классическим примером сейсмоизоляции с последовательным расположением упругих и демпфирующих элементов. При относительно слабых воздействиях, когда горизонтальная нагрузка на опорную часть не превосходит сил трения, система работает в линейной области; при увеличении нагрузки сила трения преодолевается и происходит проскальзывание верхней фундаментной плиты относительно нижней. При этом удастся в несколько раз снизить нагрузки на оборудование и здание.



Сейсмоизолирующий фундамент фирмы Spie Batignolle и Electricite de France.

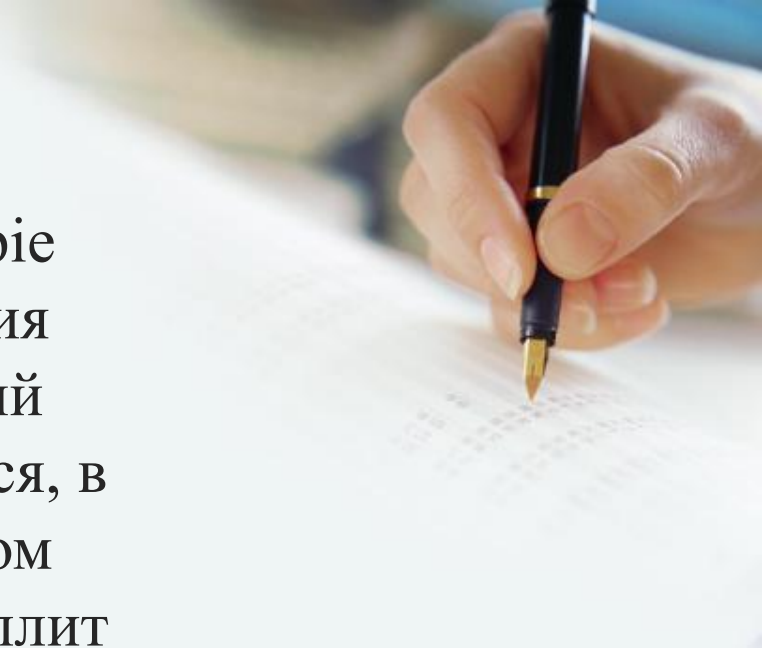
Опора, поддерживающая верхнюю фундаментную плиту, состоит из фрикционных плит, армированной прокладки из эластомера (неопрена), нижней фундаментной плиты, бетонной стойки, опирающейся на нижнюю фундаментную плиту. Жесткость опор в вертикальном направлении примерно в 10 раз выше, чем в горизонтальном.

Сейсмоизолирующий фундамент фирмы Spie Batignolle является классическим примером сейсмоизоляции с последовательным расположением упругих и демпфирующих элементов. При относительно слабых воздействиях, когда горизонтальная нагрузка на опорную часть не превосходит сил трения, система работает в линейной области; при увеличении нагрузки сила трения преодолевается и происходит проскальзывание верхней фундаментной плиты относительно нижней. При этом удается в несколько раз снизить нагрузки на оборудование и здание.



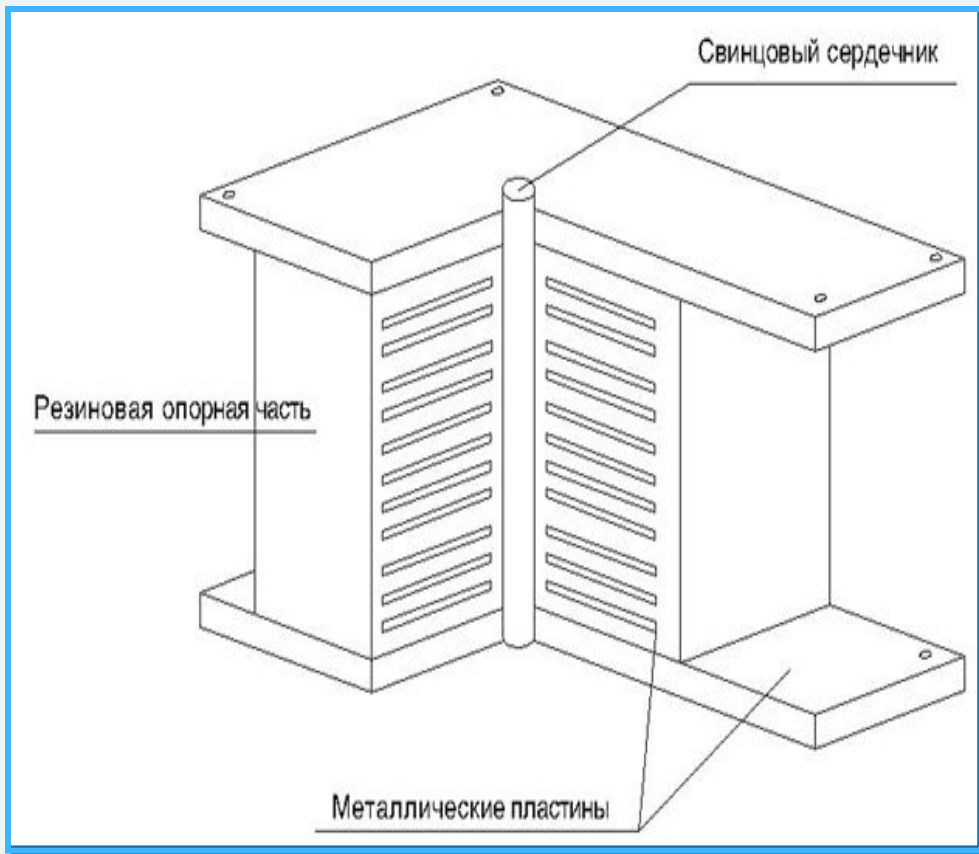
Несмотря на ряд достоинств сейсмоизолирующего фундамента Spie Batignolle, рассмотренная конструкция имеет ряд *недостатков*. Критический анализ французского решения имеется, в нем, в частности, отмечается, при этом взаимные смещения фундаментных плит не превосходили 20 см.

В качестве конструктивных недостатков фундамента следует отметить невозможность избежать неравномерного давления на опоры при строительстве на нескальных грунтах, отсутствие средств регулирования сил трения, сложность смены прокладок во время эксплуатации.



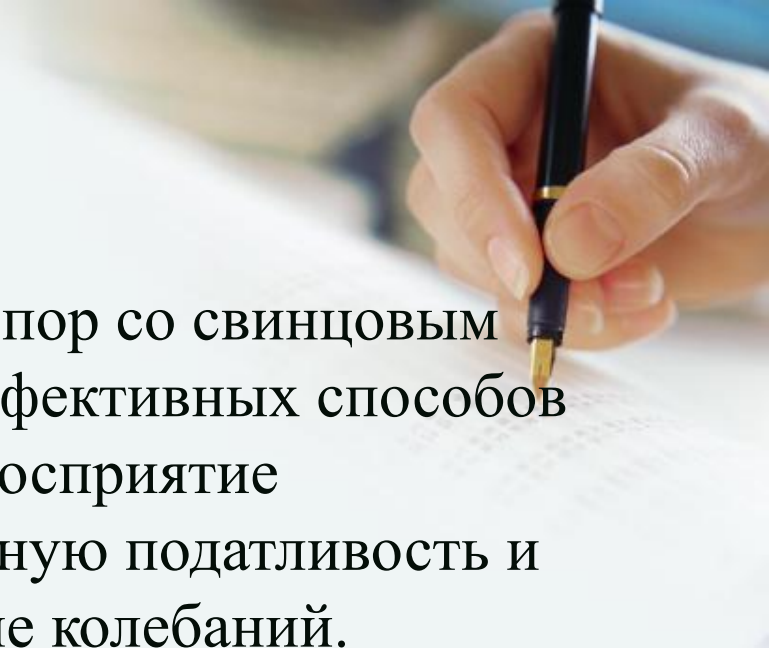
Здания на резинометаллических и резинопластиковых опорах

Здания на резинометаллических и резинопластиковых опорах сжатия получили широкое распространение за рубежом. В настоящее время используется несколько типов резинометаллических упругих опор сжатия: французский, новозеландский, американский и итальянский вариант опор. Для предотвращения чрезмерной осадки зданий под нагрузкой от собственного веса, опоры выполняются жёсткими в вертикальной и податливыми в горизонтальной плоскости. Благодаря упругим свойствам резины, резинометаллические опоры обладают высокой прочностью при сжатии, растяжении и кручении. Однако стоимость самих фундаментов оказывается значительной и может достигать 30% от стоимости здания. И наряду с этим, резинометаллические и резинопластиковые опоры сжатия обладают малой временной надёжностью [1,2,3]. Некоторые конструктивные примеры резинометаллических опор, представлены на рисунке 3.

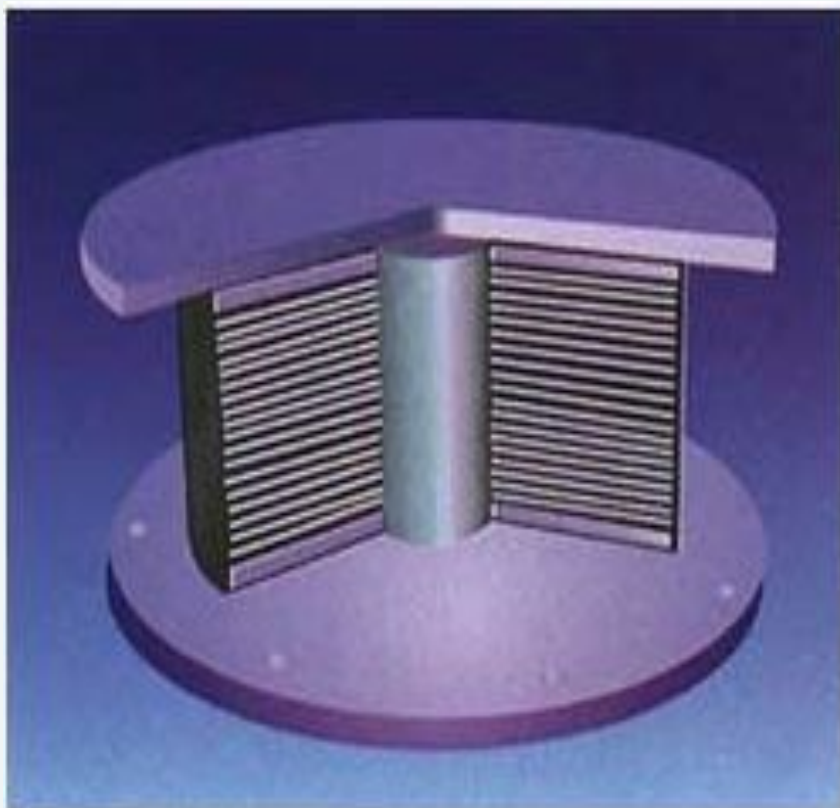


Антисейсмическая опора

Принцип действия.
конструкции состоит в том, что во время землетрясения центр тяжести опор поднимается, в результате чего образуется гравитационная восстанавливающая сила. При этом колебания здания происходят около положения равновесия, и их начальная частота и период зависят от геометрических размеров используемых опор.

- 
- Применение резинометаллических опор со свинцовым сердечником — один из наиболее эффективных способов сейсмоизоляции, обеспечивающий восприятие вертикальной нагрузки, горизонтальную податливость и повышенное гистерезисное затухание колебаний. Сейсмоизоляторы выпускаются со стандартными параметрами для вертикальной нагрузки от 280 до 16000 кН (28–1600 тс). Резинометаллические изоляторы проектируют и изготавливают таким образом, чтобы обеспечить решение поставленной задачи по несущей способности, по деформированию в любых направлениях с заданной жесткостью и с требуемым затуханием во время землетрясения.

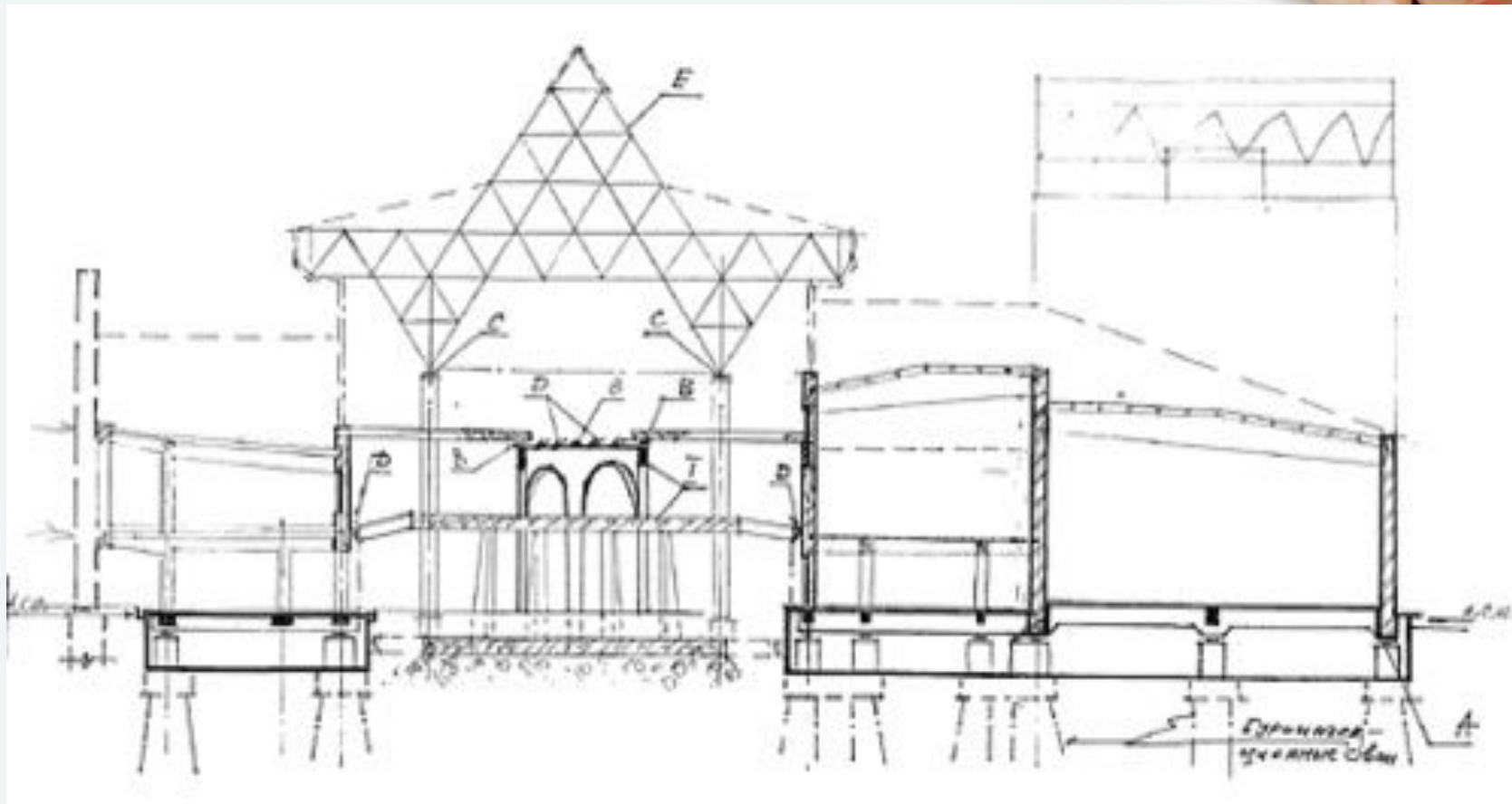
Общий вид резинометаллической сейсмоизолирующей опоры



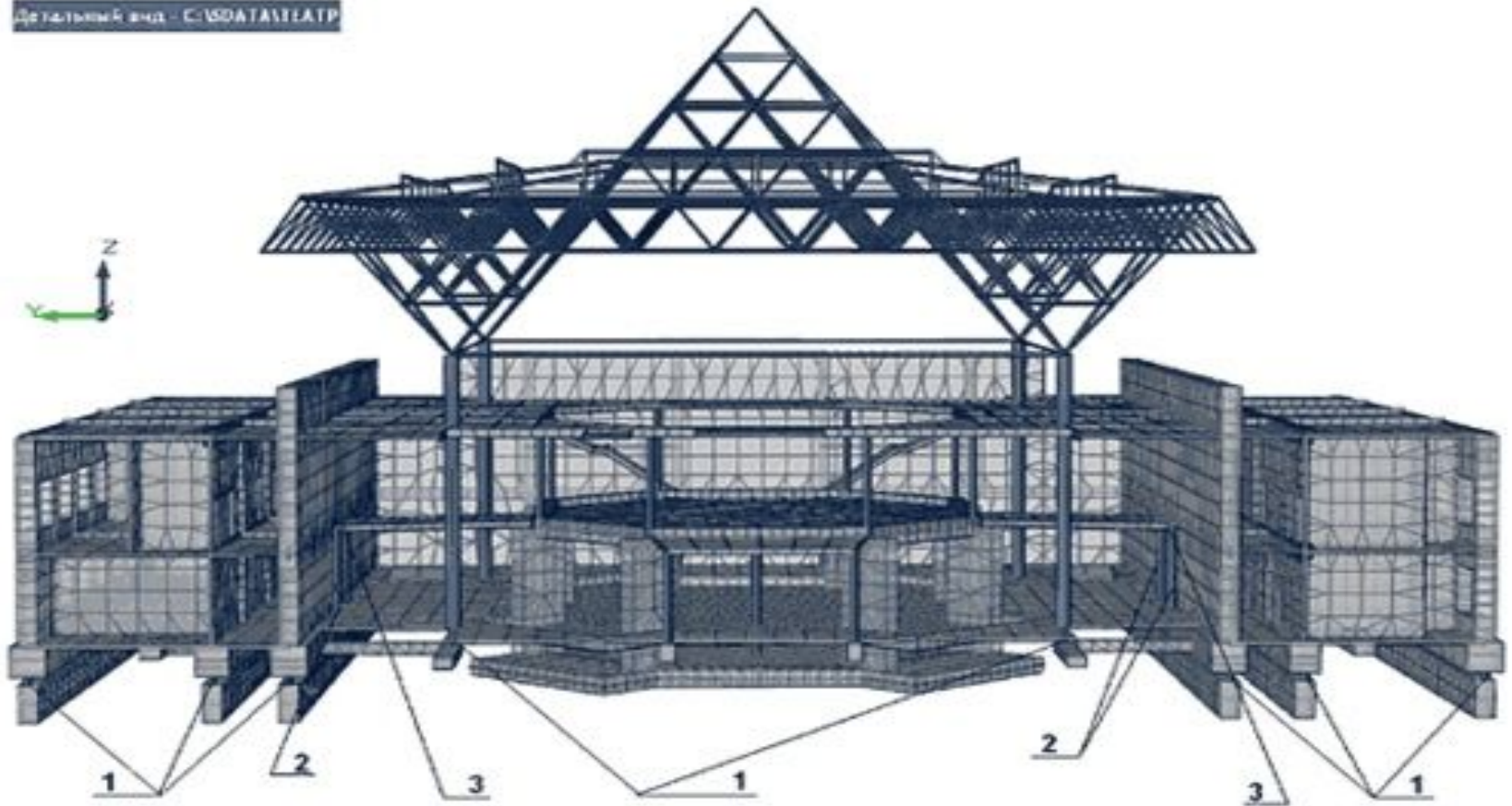
**Здание Республиканского
национального театра драмы в городе
Горно-Алтайске**



Вариант сейсмоусиления здания театра с применением РМСО



**A — РМСО, B, C — сейсмоопоры фирмы «GERB»,
D — демпферы вязкого трения фирмы «GERB»**



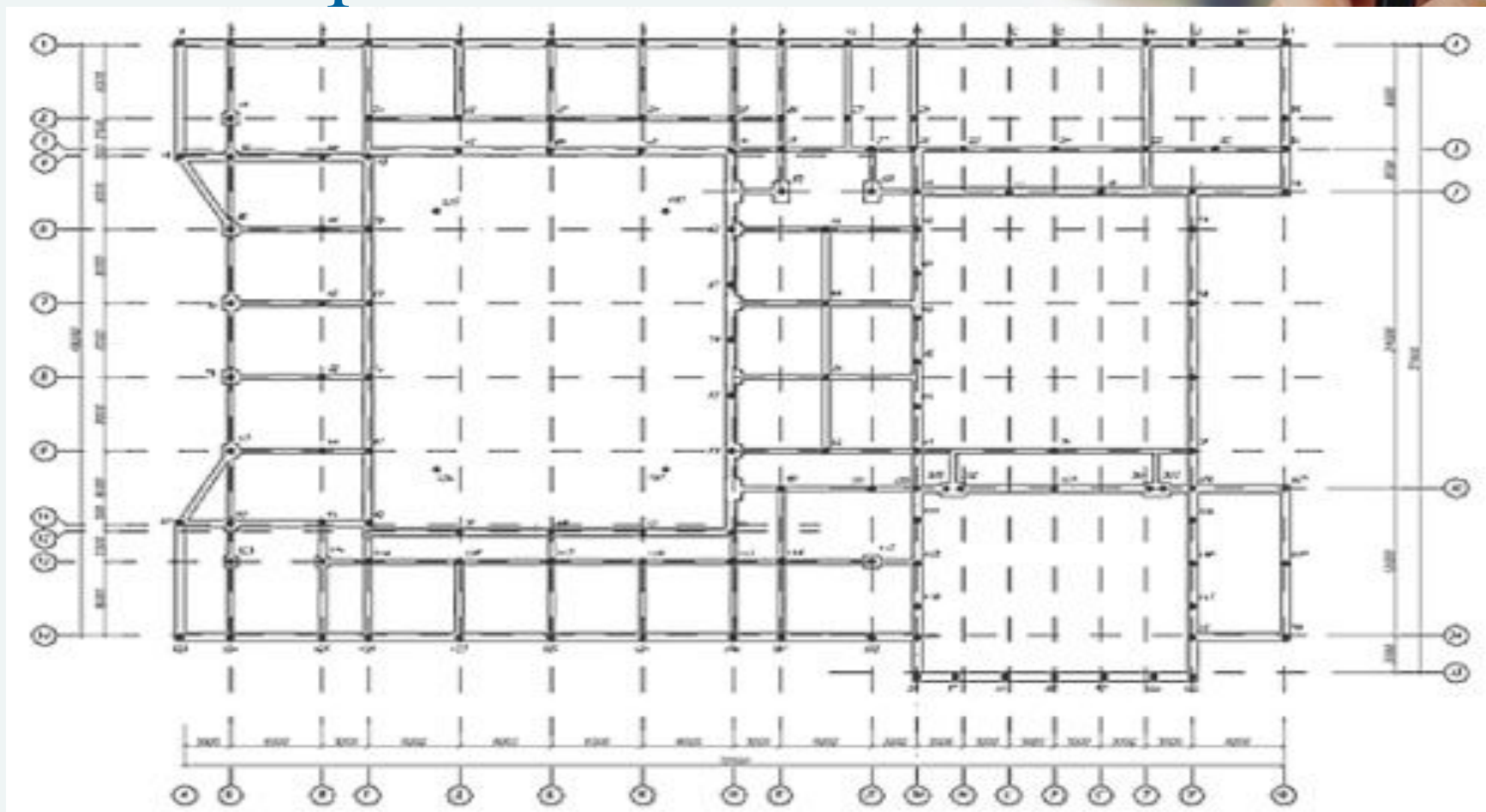
Общая схема сейсмоусиления здания театра с применением РМСО:

- 1 — резинометаллические сейсмоопоры GZY400V5A;
- 2 — дополнительные стойки под площадками;
- 3 — антисейсмический шов

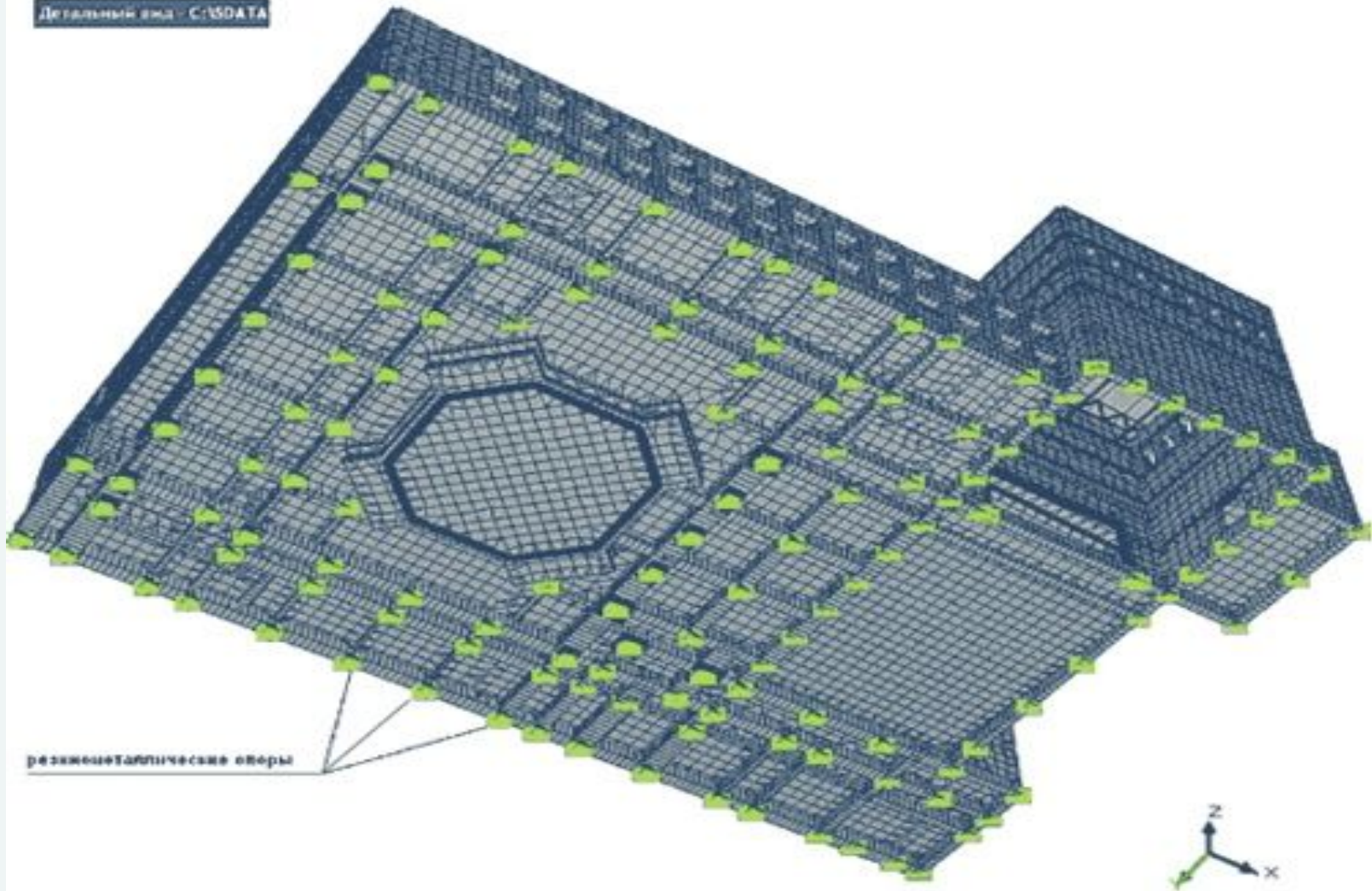
- Этот вариант предусматривает выполнение следующих комплексных мероприятий:
- создание в уровне пола первого этажа жесткой горизонтальной платформы, служащей основанием надземной части здания и образованной непрерывным опорным ростверком и монолитной плитой;
- создание жесткого основания для сейсмоопор, для чего в местах установки РМСО подводятся новые фундаменты в виде кустов из трех, четырех и более буроинъекционных свай — стоек с монолитными железобетонными столбчатыми ростверками;
- монтаж РМСО, которые устанавливаются на новые фундаменты и подводятся под опорный ростверк;
- организация горизонтального антисейсмического шва;
- отделение перекрытия внутреннего двора от остального здания антисейсмическими швами (на отметке 4,2 м);
- устройство «второй линии обороны» в виде пассивной сейсмозащиты, то есть частичное усиление надземных конструкций традиционными методами.



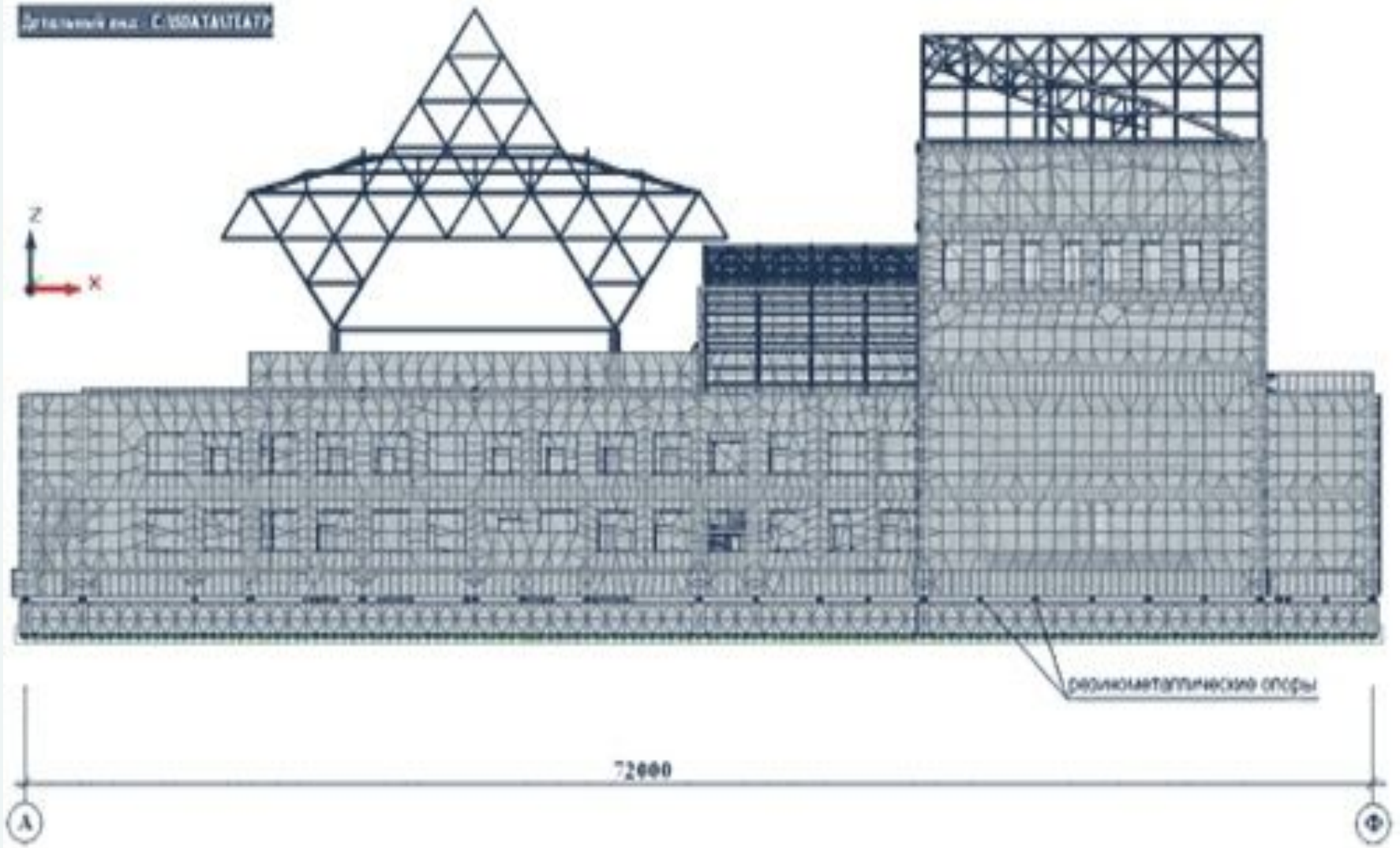
Схема расположения РМСО



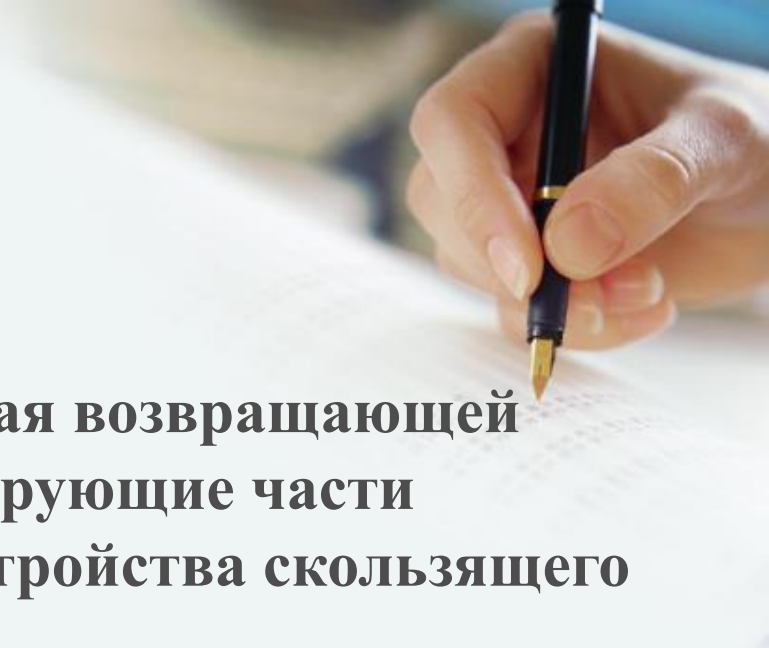
- Расстановка РМСО и оптимизация мероприятий по сейсмоусилению проводилась по Техническим условиям, разработанным, НО «РАСС» в соответствии с требованиями СНиП II-7-81*, и на основании расчетного анализа.



- Внешний вид расчетной модели по варианту 2 (сейсмоусиление с применением РМСО)

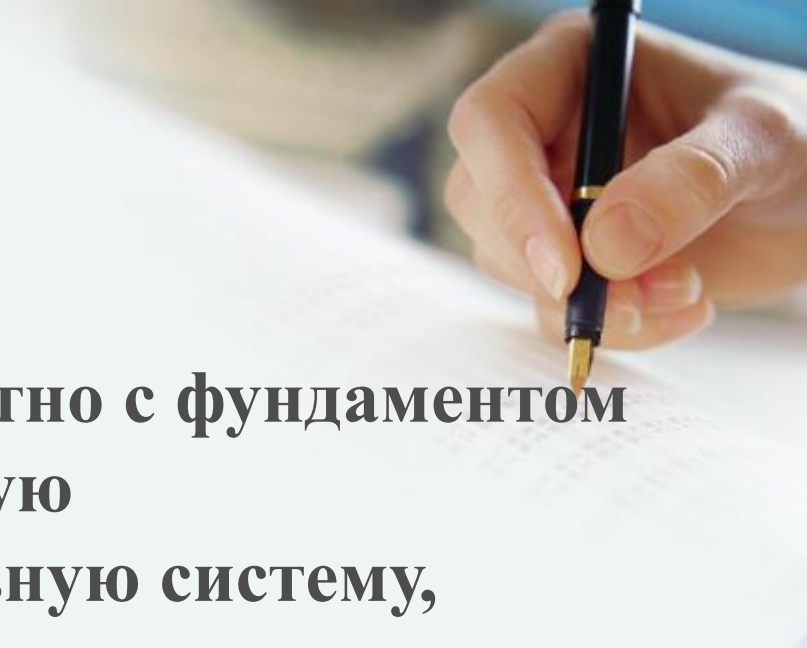


- Внешний вид расчетной модели (фасад, А — Ф)

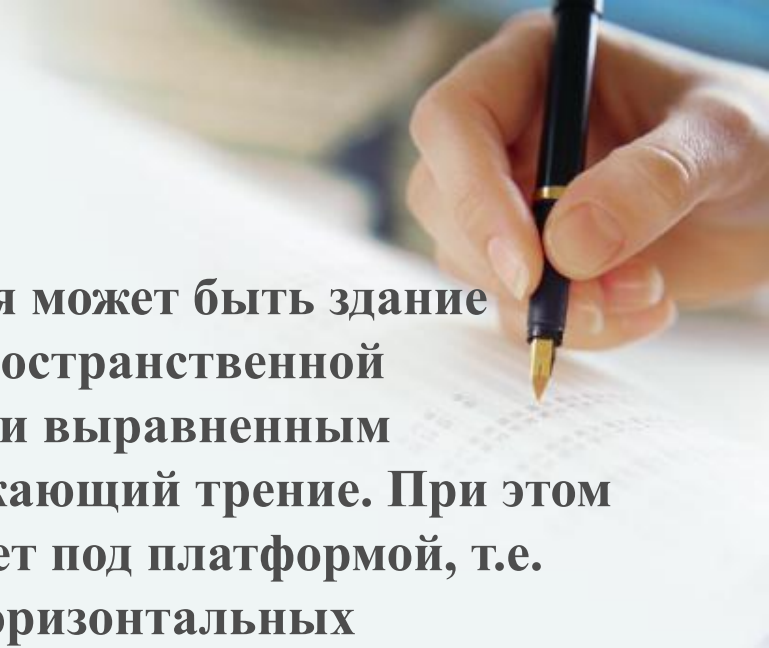
A close-up photograph of a person's hand holding a black pen with a gold nib, writing on a white document. The background is blurred, showing a desk and a book.

Сейсмоизоляция, не обеспечивающая возвращающей силы, действующей на сейсмоизолирующие части конструкции, реализуется путем устройства скользящего пояса.

Конструкции, в которых возникает возвращающая сила между сейсмоизолированными частями сооружения, могут быть подразделены на две группы: с упругими опорами и кинематическими опорами гравитационного типа.

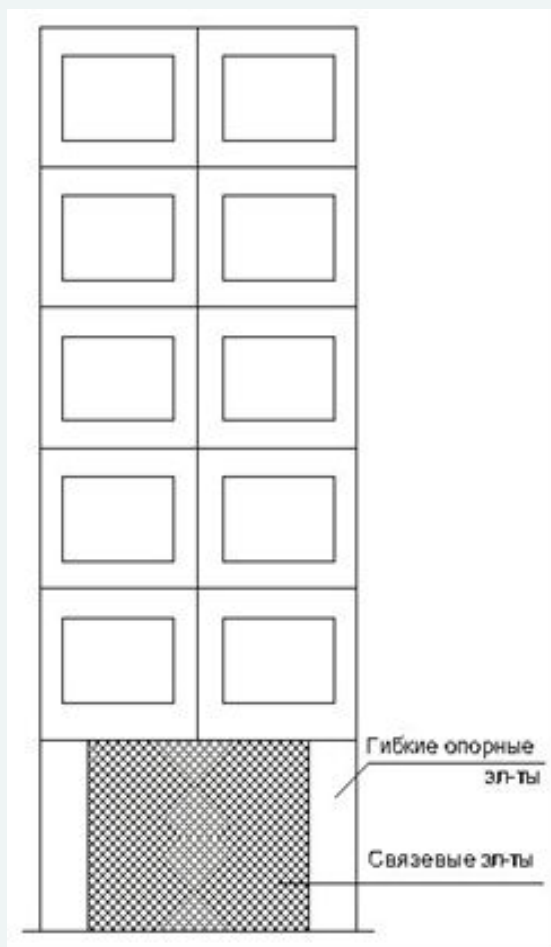
A close-up photograph of a person's hand holding a black pen with a gold nib, writing on a white document. The background is blurred, showing a stack of papers and a blue object, possibly a folder or book.

Сооружения, которые совместно с фундаментом образуют единую цельную пространственную многосвязную систему, которая даже при отделении от основания сохраняет геометрическую неизменяемость.

A close-up photograph of a person's hand holding a black fountain pen with a gold nib, writing on a white document. The background is blurred, showing what appears to be a desk or office environment.

Примером такого конструктивного решения может быть здание (сооружение), объединенное со сплошной пространственной фундаментной платформой, между которой и выравненным основанием имеется скользящий слой, снижающий трение. При этом мощная сейсмическая волна проскальзывает под платформой, т.е. существенно снижается уровень больших горизонтальных сейсмических воздействий (в том числе несимметричных, крутильных и т.п.) на платформу и тем самым на верхнее строение. Цельность и многосвязность зданий с фундаментом позволяют воспринимать и вертикальные толчки. При этом возможные горизонтальные смещения будут иметь место не между отдельными частями зданий (т.е. не нарушается цельность), а между системой («здание-фундамент») и основанием. Небольшие (порядка нескольких сантиметров) смещения могут быть допустимы при планировке территорий, а для ограничения больших смещений будут установлены упоры (демпферы, возвратные устройства и т.п.)

Пример конструктивного решения зданий с выключающимися связями



В нижней части здания между несущими стойками нижнего этажа установлены связевые панели, отключающиеся при интенсивных сейсмических воздействиях, когда в спектре воздействия преобладают периоды, равные или близкие к периоду свободных колебаний сооружения. После отключения панелей частота свободных колебаний падает, период колебаний увеличивается, происходит снижение сейсмической нагрузки. При низкочастотном воздействии период свободных колебаний здания со связевыми панелями значительно ниже величин преобладающих периодов грунта, поэтому резонансные явления проявляются слабо и связевые панели не разрушаются.





С позиции принятой классификации ниже приводится краткий обзор методов сейсмозащиты сооружений, выполненный на базе зарубежного и отечественного опыта сейсмостойкого строительства

A close-up photograph of a hand holding a black pen with a gold nib, writing on a white document. The document has some faint, illegible text. The background is blurred, showing what appears to be a desk or table.

Кирпичные конструкции

один из традиционных материалов, широко применяемых в строительстве зданий различного назначения, что обусловлено повсеместным распространением сырья для их изготовления и рядом качеств, особенно ценных для стен зданий и сооружений.

**П
р
е
и
м
у
щ
е
с
т
в
а**




долговечность

хорошую сопротивляемость
атмосферным воздействиям

высокую механическую прочность

лучший микроклимат в квартирах из-за
высоких теплотехнических качеств и
хорошей звукоизоляции кирпичных стен

A close-up photograph of a person's hand holding a black fountain pen with a gold nib, writing on a white document. The background is blurred, showing a desk and a book.

В современных конструктивных решениях нельзя повысить сейсмостойкость, только повысив величины сечений, прочность, вес. Конструкция может быть более прочной, но не обязательно экономически эффективной, потому что и вес, и инерционная сейсмическая нагрузка могут увеличиться еще больше. Требуются новые эффективные методы сейсмозащиты. Подобные решения подразумевают изменение массы и жесткости, демпфирование системы в зависимости от ее перемещений и скоростей. На сегодняшний день известно более 100 запатентованных конструкций сейсмоизоляции зданий и сооружений.

В местностях, где существует постоянная угроза сейсмика, возводят только такие дома, стены которых усилены металлическими анкерами, то есть железобетонные. В районах сейсмики, а также в затопляемых и подтопляемых районах нельзя строить дома саманные, глинобитные, с сыпучим стеновым наполнителем и т. п. Разумеется, последние дома дешевые и возводятся из местных строительных материалов: песка, глины, самана, жердей и хвороста. Но целесообразно в данных местностях возводить не менее дешевые постройки из дерева – бревенчатые, щитовые, каркасно-щитовые или фахверковые (с выступающим на наружные плоскости стен дома деревянным каркасом)

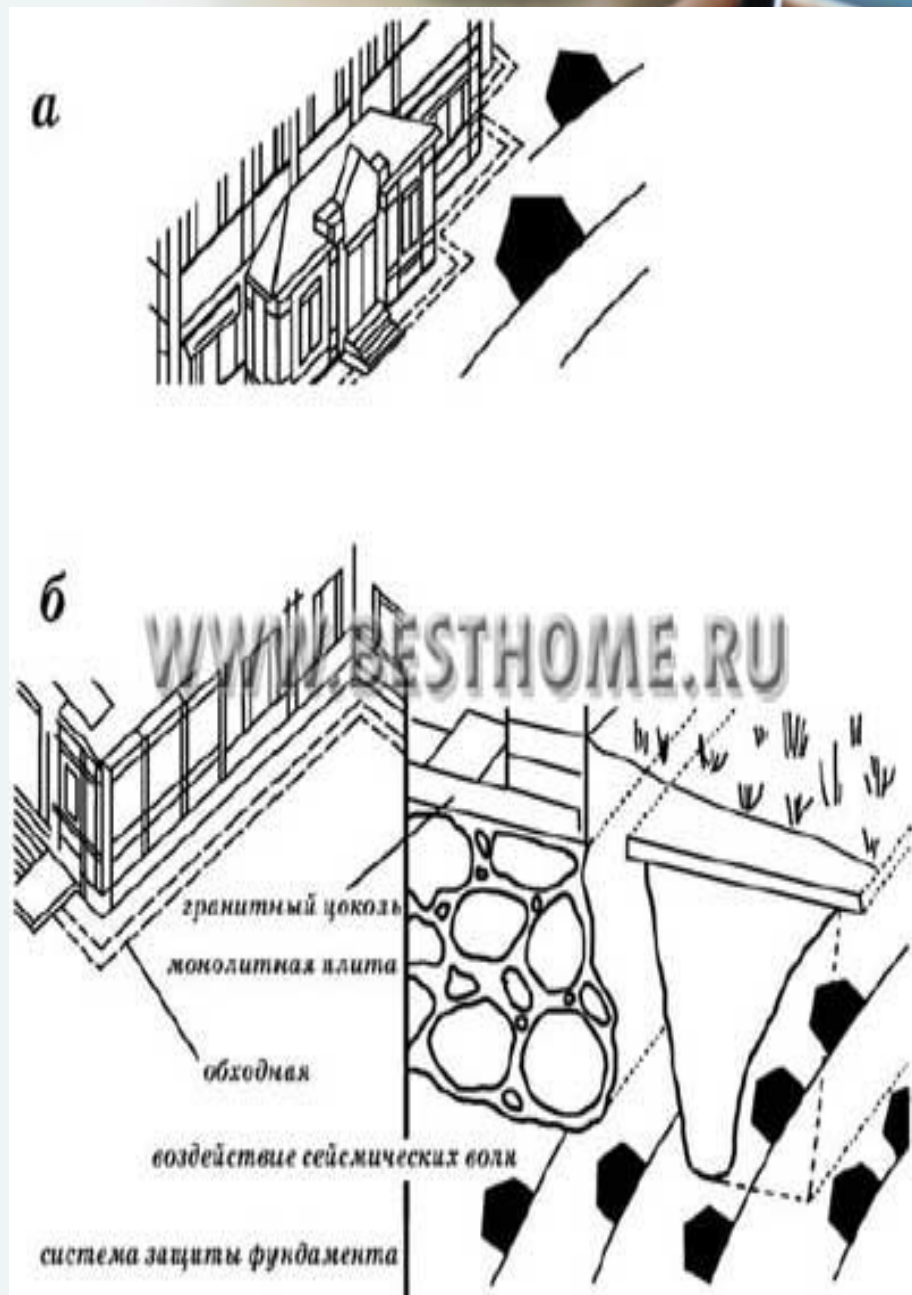


Общий вид фрагмента фасада двухэтажного жилого дома с выступающим деревянным каркасом – фахверковым

□ Одним из доступных приемов для индивидуального застройщика в деле ограждения своего дома от сейсмического воздействия волнообразной подземной волны является обводка по периметру дома с наружной стороны. Такая обводка представляет собой траншею трапецеидальной формы, сделанную в пределах отмостки на ширину до 70–80 см (по типу закрытого дренажа). Такое сооружение (галерея), окружающее фундамент дома, отражает поверхностные сейсмические волны, а также и механические воздействия с внешней стороны

Сейсмостойкая система:

а – общий вид движения сейсмических волн; б – конструктивная схема устройства «ловушки» для гашения сейсмических волн в виде обходной канавы трапецеидального профиля (по периметру здания)



□ Кроме того, в доме целесообразно делать кессонный потолок и усиливать стены с помощью внутреннего каркаса. В случаях, когда ровная площадка с одной из сторон имеет линию бровки склона, овражья или оврага, фундаментную плиту устанавливают на сваях по ее углам (рис.23). Если в плане плита прямоугольная и ее длина превышает ширину, с учетом нагрузок на нее (объемный вес дома) и других возникающих усилий, например сдвига, по краям плиты ставят дополнительно две-три опорные сваи.

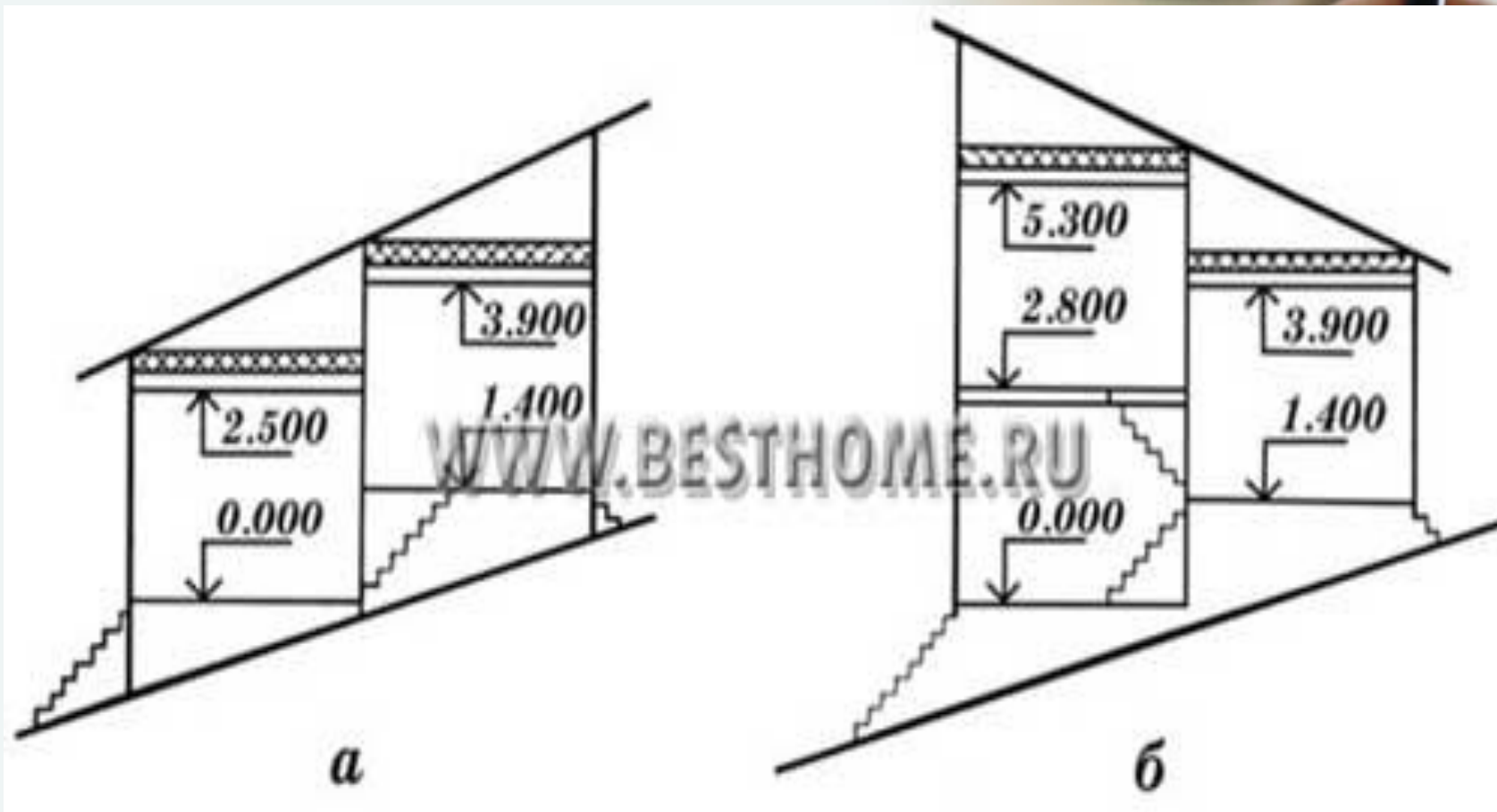


Разрез узла углового крепления бетонной плиты к основанию грунта опорной свай:

1 – плита-фундамент; 2 – углубление в нижнем основании плиты фундамента; 4 – технологический выступ

Участок на склоне.

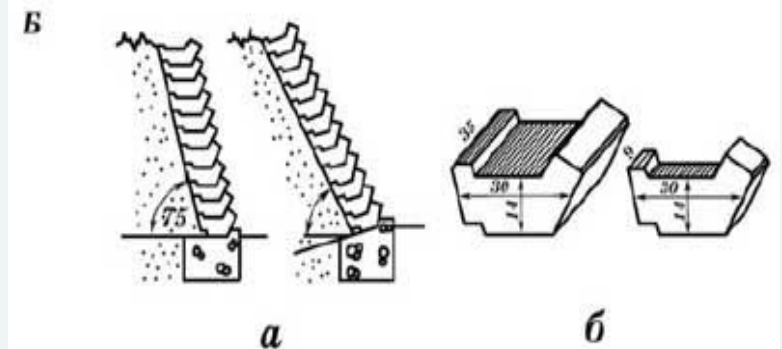
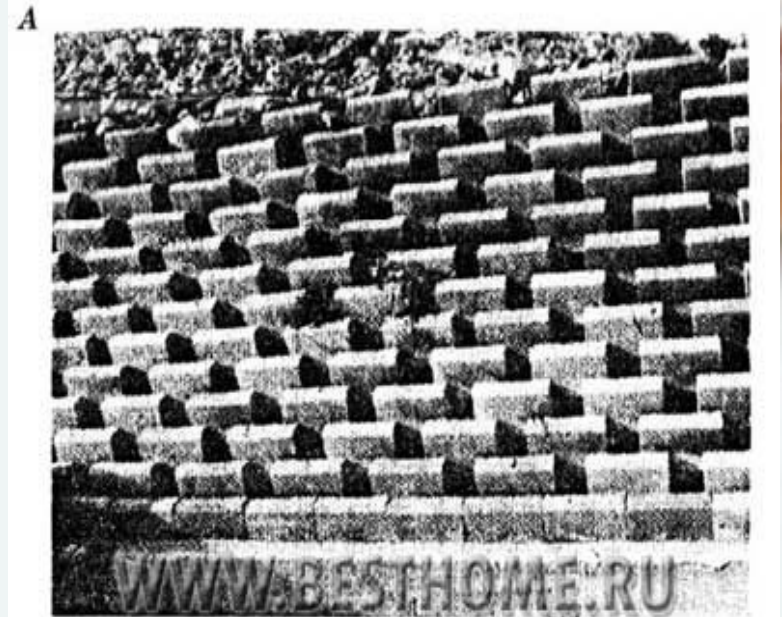
- Известно, что самыми «капризными» являются участки на склонах холмов, овражий и на отлогих берегах водоемов – рек, озер и сельских прудов. Такой участок подвижен, особенно ,когда среди нижних слоев грунта притаился пласт глины. Нередко такой пласт лежит сразу же под дерновым слоем. Глина от попадания в нее грунтовой или атмосферной воды разбухает, увеличивается в весе (объеме) и начинает двигаться сверху склона холма или овражья вниз вместе с верхним дерновым слоем и растительностью. А при высыхании ее слоя начинается обратный процесс – снизу вверх на прежнее место. Если сделаете ограду, то и она со столбами и досками, а заодно и с деревьями, будет передвигаться и ломаться. В природе даже на незначительных местах по уклону и пологих происходят оползни, размывы и сели. Периодами наступает переувлажнение грунта.



Разрез дома на склоновом участке:

а, б – склоновая ориентация основного фасада дома в зависимости от планировки участка и самого расположения дома

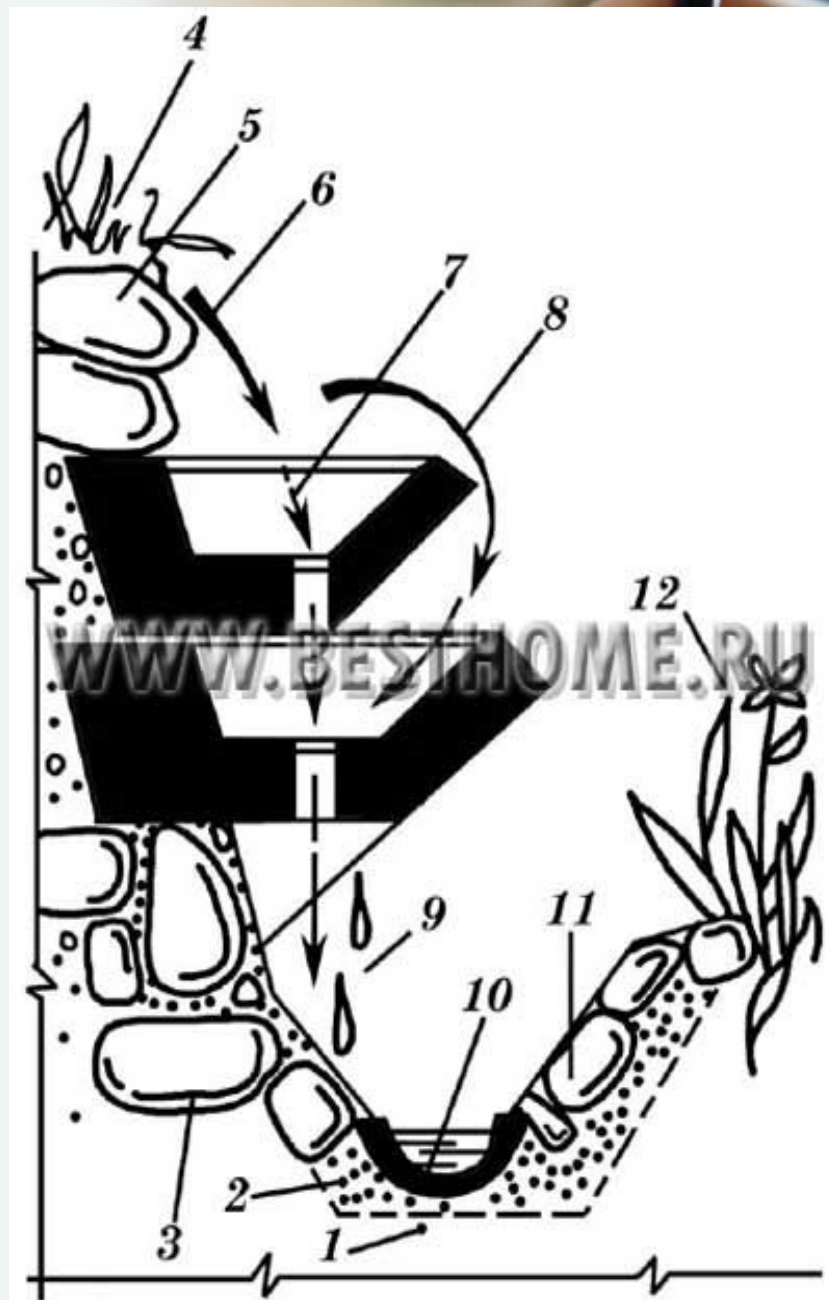
□ Появляется на всем участке сырость. Строительство домов на склоновом участке следует вести после того, как его грунт будет тщательно обследован. На предыдущем показана схема разрез дома, расположенного на склоновом участке, на свайном основании и с подпорными стенами, где в некоторых случаях они выполняют роль контрфорсов. При этом сам склон укрепляется



А – с помощью специальных камней, врытых в грунт;
Б – с помощью бетонных блоков

□ Пример укрепления разрушающегося склона с помощью керамических блоков (поперечный разрез стенки):

- 1 – грунт основания;
- 2 – песчано-гравийное основание;
- 3 – камень лежень;
- 4 – дерновый слой;
- 5 – бордюрный камень лежак;
- 6 – направление сползания мини-сея;
- 7 – направление стока воды;
- 8 – слив излишней селевой воды;
- 9 – сток воды в водоотводный лоток;
- 10 – лоток;
- 11 – бортовой камень;
- 12 – растения



На русском/казахском/ английском	Пояснение
Грунт Топырақ ground	Почва, земля.
Кирпич Кірпіш brick	Брусоч из обожжённой глины, употр. для построек.
Сейсмика Сейсмика seismic survey	данный термин объединяет в себе то, что, так или иначе, относится к сейсмостойкости и землетрясениям
Несущий каркас Салмақ түсетін қаңқа FRAMING	<u>несущая конструкция</u>, состоящая из сочетания линейных элементов.
Висячие конструкции Аспалы конструкция Hanging structure	один из наиболее экономичных видов покрытий

Литература.

- Л.Ф Шубин Промышленные здания. Москва Стройиздат 1986г.
- И.А. Шершевский Конструирование промышленных зданий и сооружений. Москва «Архитектура-С» 2005г.
- СТОЯНОВ В.В. Клеефанерная оболочка типа гиперболического параболоида. В кн.: Общие вопросы строительства. Отечественный опыт/Реферативный сборник. ЦИНИС Госстроя СССР, 1974, & 10, с. 19-23, илл.
- СТОЯНОВ В.В. Исследование модели клеефанерной оболочки типа гиперболического параболоида. М.: Изв.высш.уч. зав., 1975, Je 10, с. 21-23, илл.
- Библиографическое описание: Ушаков А. С. Методы сейсмоизоляции фундаментов сооружений [Текст] / А. С. Ушаков // Технические науки: проблемы и перспективы: материалы междунар. науч. конф. (г. Санкт-Петербург, март 2011 г.). — СПб.: Реноме, 2011. — С. 180-186
- Бермана А., Био М., Блюма Дж., Борджерса Дж., Ве-летсоса А., Гроппа Д., Ибанеца П. и возглавляемой им группы специалистов фирмы «АНКО Энджиниэрз», Канаи К., Клафа Р., Муте К., Ньюмарка Н., Пензиена Дж., Розенблюэта Э., Стентона О.Ф., Хаузнера Дж., Эйкоффа П. и др.