

УДК 699.841

## ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ В СЕЙСМИЧЕСКИХ РАЙОНАХ

А.С. Халикова<sup>1</sup>, О.С. Гамаюнова<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,  
г. Санкт-Петербург (Российская Федерация)

**Аннотация.** При проектировании высотных зданий следует уделять внимание возможности появления сейсмических воздействий, даже если вероятность их возникновения очень мала. Проектирование зданий и сооружений в районах с повышенной сейсмичностью осуществляется в соответствии с определенными требованиями, с учетом природно-климатических, гидрогеологических, рельефно-ландшафтных и других особенностей местности. Возведение многоэтажных зданий в сейсмических условиях является еще более сложной задачей, так как помимо общих требований, предъявляемых к многоэтажному строительству, добавляется требование их высокой надежности на сейсмические воздействия. В данной статье рассматриваются особенности проектирования высотных конструкций в сейсмически опасных районах. Рассматриваются основные способы сейсмозащиты, в частности, различные виды сейсмоизоляторов, как наиболее часто используемое решение для достижения необходимой сейсмостойкости как в промышленном, так и в гражданском строительстве. Чтобы соответствовать предъявляемому классу ответственности, высотные, уникальные и особо сложные здания должны рассчитываться и конструироваться с большей степенью надежности, чем обычные здания.

**Ключевые слова:** землетрясения, сейсмостойкость, проектирование, высотные здания, сейсмоизоляция, сейсмически активные регионы, конструктивные особенности зданий, эластомерные опоры, пружинные опоры, плоские скользящие опоры, маятниковые скользящие опоры.

**Ссылка для цитирования:** Халикова А.С., Гамаюнова О.С. Особенности проектирования высотных зданий в сейсмических районах // Инженерные исследования. 2021. № 5(5). С. 31-38. URL: <http://eng-res.ru/archive/2021/5/31-38.pdf>

## FEATURES OF DESIGNING HIGH-RISE BUILDINGS IN SEISMIC AREAS

A.S. Khalikova<sup>1</sup>, O.S. Gamayunova<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University, St.Petersburg (Russian Federation)

**Abstract.** In the design of high-rise buildings, consideration should be given to the possibility of seismic effects, even if the likelihood of their occurrence is very small. The design of buildings and structures in areas with high seismicity is carried out in accordance with certain requirements, taking into account the natural-climatic, hydrogeological, relief-landscape and other features of the area. The construction of multi-storey buildings in seismic conditions is an even more difficult task, since in addition to the general requirements for multi-storey construction, the requirement for their high reliability for seismic effects is added. This article discusses the design features of high-rise structures in seismically hazardous areas. The main methods of seismic protection are considered, in particular, various types of seismic isolators, as the most frequently used solution to achieve the required seismic resistance in both industrial and civil construction. High-rise, unique and highly complex buildings must be designed and constructed with a greater degree of reliability than conventional buildings in order to meet the assigned class of responsibility.

**Keywords:** earthquakes, seismic resistance, design, high-rise buildings, seismic isolation, seismically active regions, structural features of buildings, elastomeric bearings, spring bearings, flat sliding bearings, pendulum sliding bearings.

**For citation:** Khalikova A.S., Gamayunova O.S. Features of designing high-rise buildings in seismic areas // Inzhenernyye issledovaniya [Engineering Research]. 2021. No. 5(5). Pp. 31-38. URL: <http://eng-res.ru/archive/2021/5/31-38.pdf>

## ВВЕДЕНИЕ

Сейсмические особенности местности необходимо учитывать при проектировании, в первую очередь, ради безопасности людей, находящихся рядом с объектом строительства. Конечно, затрачиваемые на строительство средства увеличатся, но, как показывает исследование Архиреевой И.Г. выгода от небольших дополнительных капиталовложений на повышение сейсмостойкости зданий по сравнению с последующими миллионными затратами на ликвидацию катастрофических последствий сильных землетрясений, вызванных несоответствием расчетной и фактической интенсивностью землетрясений, будет гораздо больше [1].

При строительстве в сейсмически активных районах должна особо тщательно прорабатываться взаимосвязь архитектурных и конструктивных решений. Кожобаева С.Т., Омурова А.А. исследуют особенности архитектурного проектирования современных многоэтажных жилых домов в сейсмических районах [2]. Авторы акцентируют внимание на том, что существует множество примеров многоэтажных зданий, которые хорошо переносят землетрясения различной силы, в то время как здания небольшой этажности получают сильные разрушения.

Балагезьян А.А., Мальцев А.В. в статье [3] анализируют проблему развития сейсмостойкого строительства в России на примере существующих объектов строительства, построенных с системами сейсмозащиты: высотный жилой комплекс «Заря» (г. Сочи), высотная 27-этажная гостиница «Науат» (г. Сочи), высотный жилой дом «Феникс» (г. Грозный). Авторы приводят основные требования к строительству зданий и сооружений в сейсмоопасных зонах, а также предпочтительные формы сооружений для строительства в таких районах (рис.1).

### Основные требования

к строительству зданий и сооружений в сейсмоопасных зонах



Симметричные конструктивные схемы

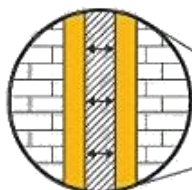


Равномерное распределение жесткости конструкции и масс



Однородность и монолитность конструкций за счет применения укрепленных сборных элементов

### Особенности строительства



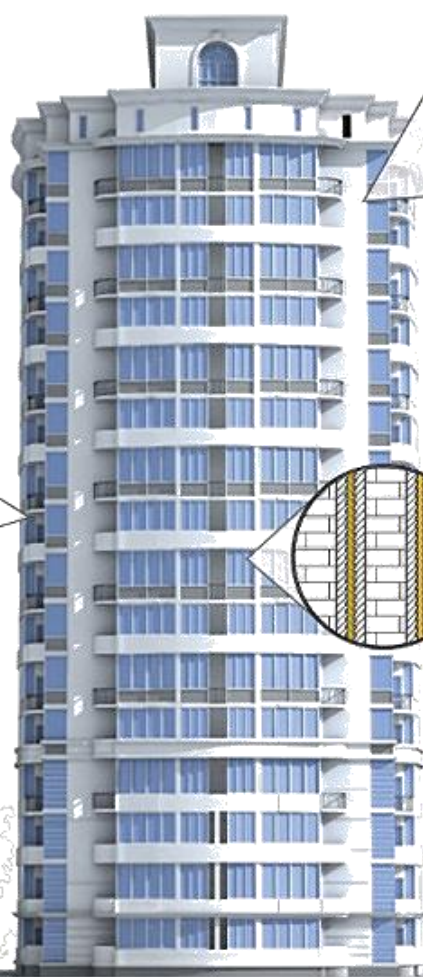
#### Антисейсмические швы

Это двойные стены или двойные ряды несущих стоек. Они разрезают здание на самостоятельные, независимые друг от друга устойчивые отсеки



#### Не допускается

Применение перегородок из кирпичной кладки, выполненной вручную в зданиях более пяти этажей

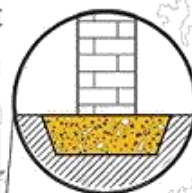


#### Материалы

Возведение несущих стен из каменных панелей, блоков, изготавливаемых в заводских условиях с применением вибрации, а также из кирпичной или каменной кладки на растворах со специальными добавками, повышающими сцепление раствора со строительными материалами

#### Армирование

Кирпичные или каменные перегородки армируются по всей длине

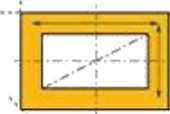


#### Фундамент

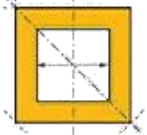
Создание «подушки» из бетона или полимерных материалов, благодаря которым здание скользит или «плавает» во время землетрясения и не разламывается по тем линиям, где создается наибольшее напряжение

### Предпочтительные формы сооружений:

прямоугольная (самая распространенная)



квадрат



многоугольная



круг



Рис. 1. Особенности проектирования сейсмостойких зданий<sup>1</sup>

Fig. 1. Features of the design of earthquake-resistant buildings

<sup>1</sup> Технология строительства сейсмостойких зданий [Электронный ресурс]. - URL: <https://ria.ru/20110311/344944303.html> (дата обращения: 11.12.2021)

Смирнов В.И. приводит большое количество примеров сильных землетрясений последних лет за рубежом (Турция, Китай, Италия, Гаити, Чили, Япония) и в России [4]. Учитывая повышенную опасность районов строительства, автор указывает на необходимость неукоснительного выполнения требований Федеральных законов, ГОСТов и нормативных документов по проектированию и строительству объектов в сейсмических районах.

В основном научные публикации касаются конструкций из сталежелезобетонных элементов, однако встречаются и работы, посвященные изучению зданий с деревянным каркасом, предназначенным для строительства на сейсмоопасных территориях. Так, например, Белаш Т.А. и Иванова Ж.В. с помощью экспериментальных методов на лабораторных установках и крупномасштабных моделях рассмотрели воздействие землетрясения различной интенсивности и частотного характера на сейсмостойкость деревянного [5].

Большое количество работ посвящено изучению основных направлений развития норм проектирования сооружений для сейсмических районов [6-9]. Хакимов Ш.А. рассматривает вопросы применения новых конструктивных систем в сейсмических районах и пригодности требований сейсмических норм для их проектирования [6]. Гурьев В.В., Дорофеев В.М. в статье [7] представили состояние существующей нормативно-технической базы проектирования и нормативной оценки технического состояния объектов капитального строительства в сейсмических районах России, а также определили основные направления разработки новых сводов правил как всех видов сейсмостойкого строительства, так и отдельных документов по проектированию линейных объектов и гидротехнических сооружений. Курбацкий Е.Н., Мазур Г.Э., Мондрус В.Л. провели анализ состояния нормативной документации по расчету сооружений на землетрясения [8]. Айзенберг Я.М. в статье [9] уделит внимание проблемам развития карт сейсмического зонирования для строительных норм.

### СЕЙСМИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ РЕГИОНЫ

Землетрясения с той или иной частотой возникают по всему миру. Самое сильное землетрясение за всю историю человечества магнитудой 9,5 по шкале Рихтера произошло в Южной Америке в центральной части Чили в мае 1960 года; погибло почти 6000 человек. В 1964 году в Северной Америке (залив Принца Уильяма Саунда на Аляске) произошло землетрясение магнитудой 9,2, а в 2004 году крупнейшее цунами за всю историю человечества было вызвано землетрясением магнитудой 9,1 на побережье Суматры.

Эпицентр сейсмической активности – Азия. В качестве примеров можно привести землетрясения в г. Кобе (Япония) и г. Чи-Чи (Тайвань), когда была разорвана надвое бетонная плотина (рис.2, рис.3).



**Рис. 2.** Разрушение домов вдоль дороги, г. Кобе (Япония, 1995 г.)<sup>2</sup>

**Fig. 2.** Demolition of houses along the road, Kobe (Japan, 1995)



**Рис. 3.** Разрушение жилых домов, г. Чи-Чи (Тайвань, 1999 г.)<sup>3</sup>

**Fig. 3.** Demolition of a residential buildings, Chi-Chi (Taiwan, 1999)

<sup>2</sup> Quake-Prone Pacific Rim Cities Upgrade to Recover Quickly [Электронный ресурс]. - URL: <https://www.voanews.com/a/earthquake-countermeasures/3884265.html> (дата обращения: 03.12.2021)

<sup>3</sup> Землетрясение Цзицзи: 20 лет со дня катастрофы на Тайване [Электронный ресурс]. - URL: <https://russian.rt.com/nopolitics/foto/670272-taiwan-zemletryasenie-godovschina> (дата обращения: 03.12.2021)

Довольно часто землетрясения бывают на Камчатке и в Тибете. В Европе к сейсмически активным регионам относят Италию, Турцию, Исландию, Португалию. Имеются очаги сейсмической активности в Ливане и западной Танзании. По сравнению с остальными шестью континентами Антарктида наименее активна в плане землетрясений и сейсмически спокойна.

В России сейсмически опасными районами являются Курильские острова, о.Сахалин, Камчатка, Прибайкалье и Забайкалье, Алтай, Северный Кавказ [4]. Землетрясения в России, как правило, не такие мощные, как, например, в Азии, однако их «отголоски» могут ощущаться и в районах, не являющихся сейсмически опасными. Так, 24 мая 2013 года под Охотским морем на глубине свыше 600 км произошло крупное землетрясение магнитудой 8,4. Землетрясение ощущалось во многих регионах, в том числе, в Москве, Санкт-Петербурге и Нижнем Новгороде (2 балла по шкале Рихтера). Это землетрясение было совершенно безопасным, как для зданий, так и для людей, однако вызвало большой интерес у сейсмологов, строителей и проектировщиков.

### ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СЕЙСМОСТОЙКИХ ЗДАНИЙ

Все новшества конструкций зданий и сооружений обязательно прорабатываются экспертами сейсмостойкого строительства проектных и научно-исследовательских организаций. Основные принципы проектирования сейсмостойких зданий изложены в соответствующих нормативных документах.

Основной документ, который устанавливает требования по расчету с учетом сейсмических нагрузок, по объемно-планировочным решениям и конструированию элементов и их соединений, зданий и сооружений, обеспечивающие их сейсмостойкость - СП 14.13330.2018 «СНиП II-7-81\* Строительство в сейсмических районах».

Требования, регламентирующие порядок установления классов сейсмостойкости возводимых в эксплуатацию и уже эксплуатируемых зданий или сооружений, расположенных в сейсмических районах, требования по контролю класса сейсмостойкости на протяжении всего жизненного цикла этих зданий и сооружений устанавливает СП 442.1325800.2019 «Здания и сооружения. Оценка класса сейсмостойкости»

ГОСТ Р 57546-2017 «Землетрясения. Шкала сейсмической интенсивности» устанавливает методику определения интенсивности произошедшего землетрясения и прогнозирования возможных эффектов будущих землетрясений. Стандарт предназначен для инженерных изысканий, выполняемых на всех этапах жизненного цикла зданий и других сооружений, а также технических изделий. Настоящий стандарт применяется при оценке возможных социально-экономических последствий землетрясений и для планирования спасательных и восстановительных работ.

Требования по проведению работ, направленных на оперативную оценку масштабов повреждений зданий и сооружений после землетрясения, на основе которой принимаются решения о целесообразности восстановительных мероприятий и их стоимости устанавливает СП 322.1325800.2017 «Здания и сооружения в сейсмических районах. Правила обследования последствий землетрясения»

Существуют и другие нормативные документы, регламентирующие проектирование и строительство зданий и сооружений в сейсмически опасных районах. Большинство из них приведено в перечне нормативных ссылок в указанных выше документах.

### КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СЕЙСМОСТОЙКИХ ЗДАНИЙ

**Грунты.** Сейсмичность района строительства зависит от геологических и инженерно-геологических условий и наличия локальных очагов землетрясений. В сейсмически опасных районах рекомендуется строить здания на скальных грунтах. Воздействия землетрясений значительно больше на участках с песчанистыми, глинистыми, насыпными грунтами, а также при высоком уровне грунтовых вод. Лучше не строить здания на склонах с крутизной более 15°, т.к. велика вероятность осыпей, оползней, обвалов, пльвунов и селей. Если всё-таки по каким-то причинам строительство необходимо, то принимаются дополнительные меры, укрепляющие основания и конструкции сооружений.

**Фундамент.** Часто используют ленточные фундаменты для зданий с несущими стенами, по подушке которых укладывают армированные пояса 4 стержнями диаметром 8-12 мм. В зданиях каркасного типа колонны устанавливаются на фундаментах стаканного типа. В таком случае фундаментные балки служат распорки - связи, прикрепляемые сваркой закладных деталей. Фундаментные балки укладывают в обоих направлениях. Над стыками фундаментных балок, которые укладываются в обоих направлениях, располагают арматурную сетку. Настоятельно рекомендуется использовать фундаменты в виде перекрестных лент или сплошных плит для высотных зданий. Неплохим вариантом будет

использовать круглый фундамент, укладываемый на песчано-гравийную подушку, выполняющую роль амортизатора, в цилиндрической оболочке. Также не запрещается применение свайных фундаментов. Ростверк тогда должен быть непрерывным и нижним для сейсмостойких зданий.

**Подвалы.** Чтобы увеличить глубину заложения фундамента часто используют подвальные этажи. Они должны предусматриваться под всем зданием, но при сейсмичности в 7 и 8 баллов разрешен вариант устройства под частью здания. Однако такой подвал должен быть симметричен относительно осей здания. Если же здание выше 12 этажей – обязателен подвал под всем зданием, а не его частью.

**Стены.** Наружные каркасные стены зданий должны быть навесными или самонесущими. Высота должна соответствовать табл.1.

Таблица 1. Соотношение высоты и сейсмоактивности  
Table 1. The ratio of altitude and seismic activity

Сейсмоактивность, баллы (по шкале Рихтера)	Высота стены, м
7	18
8	16
9	9

Если же высота стены превышает вышеуказанные значение предусматривается конструктивное вертикальное продольное армирование, процент которого должен быть не менее 0,1%.

Чтобы здание было деформативным устраивается зазор 20 мм между колонной и стеной, а в местах пересечения поперечных и продольных стен располагают на всю длину стены вертикальные антисейсмические швы. Горизонтальные швы предусматриваются на уровне низа каждого навесного участка. Швы заполняются эластичным материалом.

В каменных стенах используют армирование сварными сетками. Устраиваются антисейсмические пояса из сборного или монолитного железобетона на уровне плит покрытия и верха оконных проемов. Соединяют с каркасом анкерами. Ширина поясов должна быть равной толщине стены, высота не менее 150 мм.

Используется армирование каркасом и бетонирование стыков между плитами для восприятия горизонтальных сейсмических нагрузок.

## СПОСОБЫ ЗАЩИТЫ ЗДАНИЙ В СЕЙСМИЧЕСКИХ РАЙОНАХ

Управлять землетрясениями не в силах человека, однако возможно учесть эти явления при проектировании и строительстве зданий и сооружений. Повышение несущей способности строительных конструкций является привычным сейсмозащитным мероприятием, для чего разработан свод правил «Строительство в сейсмических районах» (в действующей редакции).

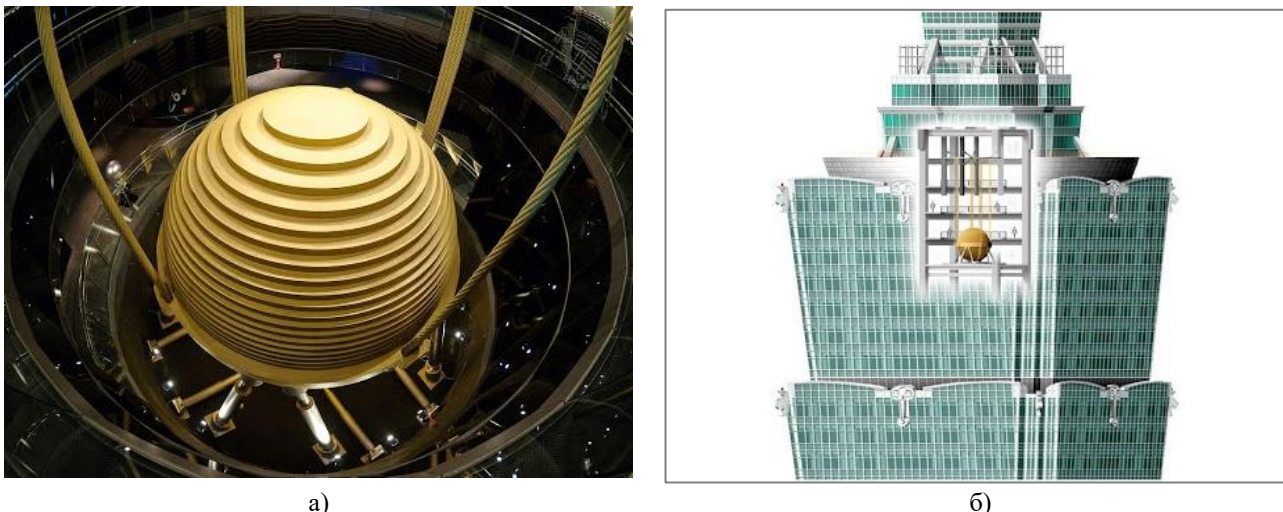
Один из пассивных способов защиты зданий от сейсмической опасности является применение устройств, рассеивающих энергию землетрясений. Установка сейсмических демпферов (рис.4), которые уменьшают магнитуду вибраций, превращая кинетическую энергию колебаний в тепловую энергию, рассеиваемую через тормозную жидкость, обеспечивает контроль сейсмических повреждений в зданиях и улучшение их сейсмических характеристик.

Демпферы эффективны только для колебаний, на которые они настроены. Более дорогим, но и более эффективным, является применение систем активного контроля сейсмостойкости (активный метод). Они содержат три основных элемента:

- датчики для измерения сейсмических толчков и структурной реакции (деформации балок, колонн);
- программное обеспечение для вычисления управляющих сил на основе наблюдаемого возбуждения и структурной реакции;
- приводы для обеспечения необходимых сил управления.

Преимущество активной системы заключается в ее гораздо более широком диапазоне применимости, поскольку управляющие силы генерируются на основе анализа фактических нагрузок и деформаций строительных конструкций.

Не так давно придумали полуактивные системы управления, возникшие на основе пассивных систем управления и требующие небольшого количества внешнего питания. В полуактивных системах используются контролируемые жидкости. Важным свойством этих жидкостей является их способность обратимо изменять свободное течение в полутвердое состояние при воздействии магнитного или электрического поля.



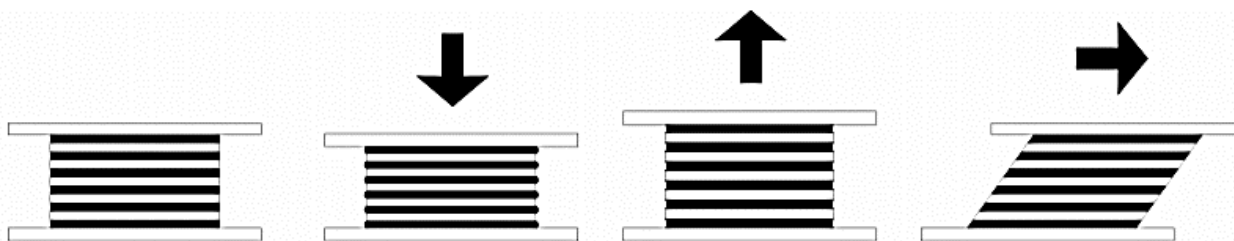
а) б)  
**Рис.4.** Сейсмический демпфер в небоскребе Тайбэй 101 (г. Тайбэй, Тайвань):  
а – демпфер, б- расположение демпфера в небоскребе<sup>4</sup>  
**Fig.4.** Seismic damper in the skyscraper Taipei 101 (Taipei, Taiwan):  
a - damper, b - location of the damper in the skyscraper

Большой интерес для инженеров, пытающихся создать сейсмоустойчивые здания, представляют сплавы с эффектом памяти формы. Пластичность описывает изменения, которые происходят в материале, когда к нему прикладывают силу. Если эта сила достаточно велика, форма материала может быть изменена навсегда. Сплавы с эффектом памяти формы могут испытывать значительные нагрузки и все равно возвращаться к прежней форме. Эксперименты с этими сплавами уже проводятся. Один из них – никель-титан, или нитинол, который эластичнее стали на 10-30% [10].

Одним из главных подходов к повышению сейсмостойкости зданий и сооружений является использование различных систем сейсмоизоляции. Не всегда выгодно и рационально повышать сейсмостойкость строительных конструкций или фундаментов под оборудование путём простого повышения прочности. Повышение прочности конструкций ведёт к увеличению их массы и, как следствие, к увеличению инерционных сейсмических нагрузок [11].

Сейсмоизоляторы бывают эластомерные, пружинные и слайдерные (скользящие опоры фрикционно-подвижного типа).

**Эластомерные опоры** – это слоистые конструкции, состоящие из попеременно уложенных друг на друга листов резины и металла. Данный вид сейсмоизоляторов может воспринимать многоцикловые усилия растяжения, сжатия, сдвига и кручения. При восприятии собственного веса конструкций и оборудования вертикальные перемещения эластомерной опоры, как правило, не превышают нескольких миллиметров, однако при горизонтальном колебании системы, деформации сдвига могут достигать нескольких десятков сантиметров (рис.5).



**Рис.5.** Деформирование эластомерной опоры при сжатии, растяжении и сдвиге [11]  
**Fig.5.** Deformation of an elastomeric bearing in compression, tension and shear

<sup>4</sup> Tuned Mass Damper System in Taipei 101 [Электронный ресурс]. - URL: <https://www.engineering-eagle.com/2020/08/tuned-mass-damper-system-in-taipei-101.html> (дата обращения: 15.12.2021)

**Пружинные опоры** находят широкое применение в строительстве, особенно промышленных объектов не только как сейсмоизоляторы, но и как виброизоляторы вообще. Конструкция пружинного изолятора состоит из нескольких цилиндрических винтовых стальных пружин сжатия, которые присоединяются к верхней и нижней опорным пластинам.

**Плоские скользящие опоры** конструктивно состоят из верхнего и нижнего жёстких элементов, соприкасающиеся горизонтальные поверхности которых имеют низкий коэффициент трения скольжения. Понижение коэффициента трения между составными элементами опоры достигается путём покрытия зоны соприкосновения специальными материалами, такие как фторопласт.

Кроме того, устанавливаются **маятниковые скользящие опоры** (рис.6) - фрикционно-подвижные опоры со сферическими поверхностями скольжения. Конструктивно эти опоры устроены также, как и плоские скользящие опоры, однако одна или несколько поверхностей скольжения имеет сферическую форму.

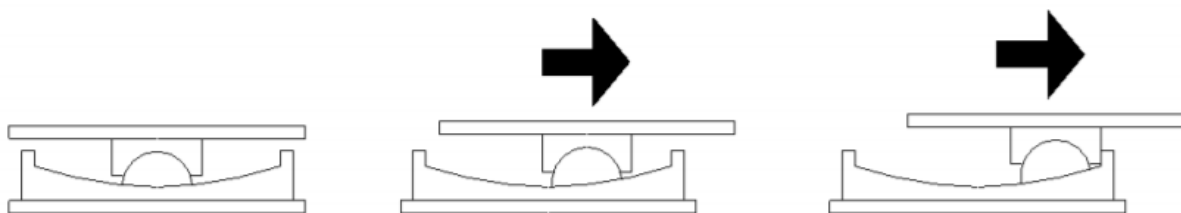


Рис.6. Принцип действия одномаятниковой скользящей опоры [11]

Fig.6. The principle of operation of a single-pendulum sliding support

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотрев различные особенности проектирования высотных зданий и сооружений в сейсмически опасных районах, можно сделать вывод о многообразии решений данной проблемы. Землетрясения происходят в различных местностях, с различной степенью опасности – как следствие, инженерам, несмотря на наличие традиционных подходов к сейсмозащите, приходится искать и находить новые решения.

Существуют определенные требования к конструктивным элементам зданий и сооружений, определяемые нормативными документами, регламентирующими строительство в сейсмических районах. Строить высотные здания необходимо только на определенных грунтах или предварительно упрочнив их, если изменить место строительства нельзя.

Для достижения требуемого уровня сейсмостойкости здания или сооружения. целесообразно использовать различные сейсмоизоляторы. Выбрать наиболее подходящий вид сейсмоизоляции можно по характеристикам ожидаемого сейсмического воздействия на конкретной площадке строительства, а также по конструктивному решению здания и эксплуатационным требованиям, предъявляемым к нему.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Архиреева И.Г. Об экономических аспектах последствий сильного землетрясения // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2013. № 6. С. 15-18.
2. Кожобаева С.Т., Омурова А.А. Особенности архитектурного проектирования современных многоэтажных жилых домов в сейсмических районах // Вестник Кыргызского государственного университета строительства, транспорта и архитектуры им. Н.Исанова. 2013. № 1. С. 17-22.
3. Балагезьян А.А., Мальцев А.В. Особенности проектирования высотных зданий в сейсмических районах // В сборнике: Наука молодых - будущее России. сборник научных статей 3-й Международной научной конференции перспективных разработок молодых ученых: в 6 томах. 2018. С. 36-39.
4. Смирнов В.И. Сейсмоизоляция - современная антисейсмическая защита зданий в России // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2013. № 4. С. 41-54.
5. Belash T.A., Ivanova Zh.V. Timber frame buildings with efficient junction designs for earthquake-prone areas // Magazine of Civil Engineering. 2019. № 8 (92). С. 84-95. DOI: 10.18720/MCE.92.7
6. Хахимов Ш.А. Новые конструктивные системы жилищно-гражданских зданий и проблемы актуализации сейсмических норм // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2020. № 3. С. 31-43.
7. Гурьев В.В., Дорофеев В.М. Нормативная база сейсмостойкого строительства // Природные и техногенные риски. Безопасность сооружений. 2018. № 6 (37). С. 17-19.
8. Курбацкий Е.Н., Мазур Г.Э., Мондрус В.Л. Критический анализ состояния нормативной документации по расчету сооружений на землетрясения // Природные и техногенные риски. Безопасность сооружений. 2017. № 2 (28). С. 24-30.

9. Айзенберг Я.М. Проблемы развития карт сейсмического зонирования для строительных норм // Природные и техногенные риски. Безопасность сооружений. 2017. № 5-6 (31). С. 9-10.

10. Бакастова М.С. Архитектура по шкале Рихтера // Актуальные проблемы строительства, ЖКХ и техносферной безопасности: материалы VI Всероссийской (с международным участием) научно-технической конференции молодых исследователей, Волгоград, 22–27 апреля 2019 года / Под общей редакцией Н.Ю. Ермиловой, И.Е. Степановой. – Волгоград: Волгоградский государственный технический университет, 2019. – С. 19-24.

11. Тарасов В.А., Барановский М.Ю., Редькин А.В., Соколов Е.А., Степанов А.С. Системы сейсмоизоляции // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2016. № 4 (43). С. 117-140.

## ОБ АВТОРАХ

**Алсу Салаватовна Халикова** – студентка. Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ). 195251, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д.29. E-mail: halikova.as@edu.spbstu.ru

**Ольга Сергеевна Гамаюнова** – к.т.н., доцент Высшей школы промышленно-гражданского и дорожного строительства. Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ). 195251, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д.29. E-mail: gamayunova\_os@spbstu.ru

## ABOUT THE AUTHORS

**Alsu S. Khalikova** – student. Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University (SPbPU). 195251, Russia, St.Petersburg, Polytechnicheskaya st., 29. E-mail: halikova.as@edu.spbstu.ru

**Olga S. Gamayunova** – Ph.D., Associate Professor of the Higher School of Industrial, Civil and Road Construction. Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University (SPbPU). 195251, Russia, St.Petersburg, Polytechnicheskaya st., 29. E-mail: gamayunova\_os@spbstu.ru