

*Авторы:*

**Шенцова Ксения Владимировна**

студентка

**Пономаренко Андрей Витальевич**

студент

*Научный руководитель:*

**Лапина Анастасия Павловна**

ассистент

ФГБОУ ВО «Донской государственный

технический университет»

г. Ростов-на-Дону, Ростовская область

DOI 10.21661/r-461433

## **ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ПРОЕКТИРОВАНИЯ СЕЙСМОСТОЙКИХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ**

*Аннотация:* в статье рассматриваются основные требования и нормы проектирования сейсмостойких зданий и сооружений. Авторами также предлагаются новые материалы для их возведения.

*Ключевые слова:* землетрясения, сейсмостойкие здания, сейсмостойкие сооружения, сейсмостойкость, конструкции, блок.

В настоящее время климат на плане изменяется. Природа преподносит с каждым годом всё большее число ненастий и происшествий, например, землетрясения. В связи с этим уделяется повышенное внимание конструированию и проектированию зданий и сооружений устойчивых к сейсмическим воздействиям.

Сейсмические воздействия на здание могут вызвать ряд негативных последствий. Например, 29 мая 2012 года в Северной Италии произошло сильное землетрясение, унесшее за собой жизни как минимум 10 человек. В некоторых населённых пунктах в руинах лежало более половины всех строений, так же пострадали крупные промышленные объекты [1].

19 июня 2013 года – землетрясение в Кемеровской области. В результате пострадало около 5 тысяч домов, более 350 из них подлежит сносу и без крова осталось около 79 человек.

24 августа 2016 года – землетрясение в Центральной Италии, которое унесло за собой жизни 295 человек, так же было разрушено огромное количество зданий и сооружений.

Конечно, предотвратить землетрясения нельзя, но можно научиться строить такие здания и сооружения, которые бы выдерживали землетрясения в 7–8 баллов по шкале MSK-64.

Сейсмостойкость – способность сооружения противостоять сейсмическим воздействиям при сохранении работоспособности.

Сейсмостойкость зданий и сооружений обычно достигается следующими способами: увеличением несущих элементов и прочностных свойств материалов, обеспечивающих дополнительную несущую способность конструкций, а также с помощью конструктивных мероприятий. Эти мероприятия естественно повышают итоговую сметную стоимость объекта. Увеличение прочностных свойств материалов и размеров конструкции влечёт за собой увеличение жесткости и веса сооружения, что приводит к возрастанию инерционной или сейсмической нагрузки.

При проектировании сейсмостойких зданий следует:

1. В объёмно-планировочных и конструктивных решениях учитывать симметричность и регулярность распределения масс, жесткостей конструкций и нагрузки на перекрытия.

Конструктивная несимметричность здания приводит к снижению сейсмостойкости, что может стать причиной полного разрушения здания. При несимметричной форме здания необходимо ограничивать размеры выступов, а также стараться не применять вытянутых в плане конструктивных решений [2].

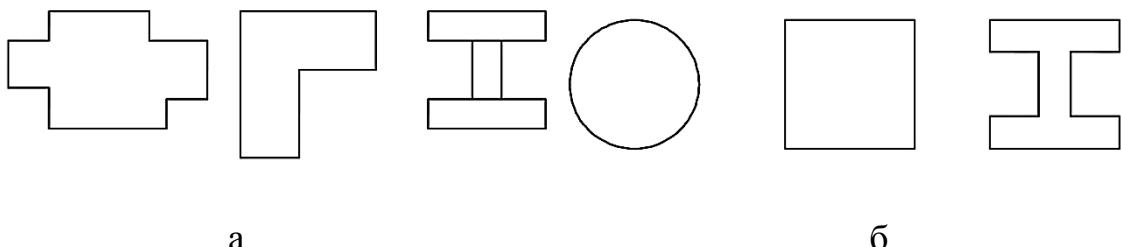


Рис. 1. Планировочные компоновки зданий:  
а) рекомендуемые; б) нерекомендуемые

Необходимо так располагать конструкции, чтобы выполнялось условие снижения крутящих моментов и образования меньших эксцентрикитетов при сейсмическом воздействии.

Междуетажные перекрытия и покрытия должны связывать по горизонтали несущие стены, тем самым обеспечивая распределение сейсмической силы в пределах одного этажа.

2. Принимать такие конструктивные схемы, конструкции и материалы, которые могли бы обеспечить наименьшее значение сейсмических нагрузок.

Например, Халилов Эльчин Нусрат Оглы разработал конструкцию здания нового поколения. Здание, построенное по этой технологии, может колебаться и изменять форму при сильных землетрясениях, но оно имеет существенное отличие от уже имеющихся сейсмостойких строений. В других типах сейсмостойких конструкций имеются жесткие элементы здания. Например, в пределах каждого этажа имеются точки изгиба или смещения.

В новых конструкциях каждая точка здания является узлом изгиба или смещения. Проще говоря, здание из сейсмостойких блоков в любой точке может быть подвергнуто изгибу и изменению формы, при этом не разрушаясь. В тоже время после прохождения сейсмической волны здание восстанавливает первоначальную форму.

Блоки соединяются между собой с помощью геометрических элементов. Выпуклые части блоков вставляются в специальные пазы наподобие «Лего». В

блоках Халилова строго просчитаны геометрические размеры и углы всех элементов. При превышении допустимых изменений заданных параметров блоки полностью теряют своё функциональное предназначение. В узлах соединения блоков используется демпфирующее вещество. Оно не позволяет им разрушаться при больших ускорениях смещения и играет роль амортизатора, благодаря чему здания возвращаются в первоначальное положение. Каждое соединение сейсмостойких блоков – шарнир. Таким образом, всё здание состоит из шарниров, которые не позволяют ему разрушаться.

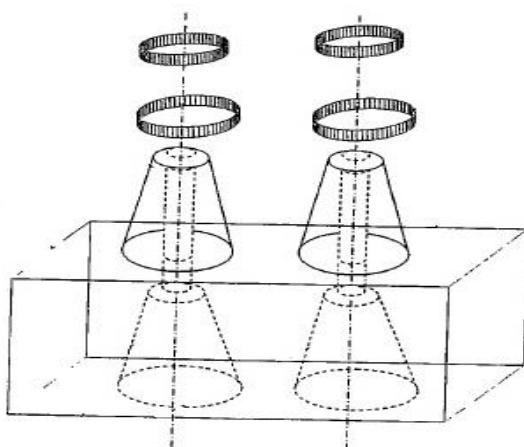


Рис. 2. Блок Халилова

Наиболее важным свойством соединения сейсмоблоков является возможность их ограниченного смещения и поворота относительно друг друга во всех плоскостях. В горизонтальной плоскости блоки также имеют возможность совершать упруго-колебательные движения.

Впервые в мире было произведено испытание в натуральную величину стены. На виброплощадке сейсмостенда была возведена настоящая кладка из сейсмостойких строительных блоков. Высота построенной стены составляет 2,6 м. На виброплощадке имитирующей поверхность земли жестко закреплены вертикальные стальные штыри. Они проходят через отверстие в сейсмоблоке на высоту трех рядов кладки. Такое же крепление предусмотрено при строительстве зданий. Амплитуда колебаний сейсмоплатформы достигла максимально возможной на данном стенде, которое соответствует двенадцати баллам. Даже при этой

амплитуде колебаний стена не разрушается. Вибрация стены проверяется на различных частотах, в том числе резонансных, результат при этом не изменяется.

3. Необходимо соблюдать принцип антитяжести: проектировать сооружение или здание как можно более лёгким, с центром тяжести расположенным как можно ниже.

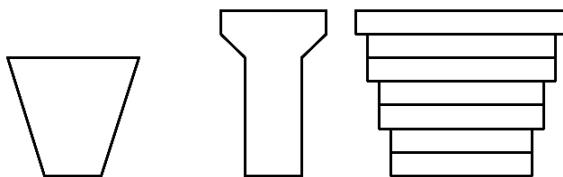


Рис. 3. Неудачное расположение центров тяжести зданий

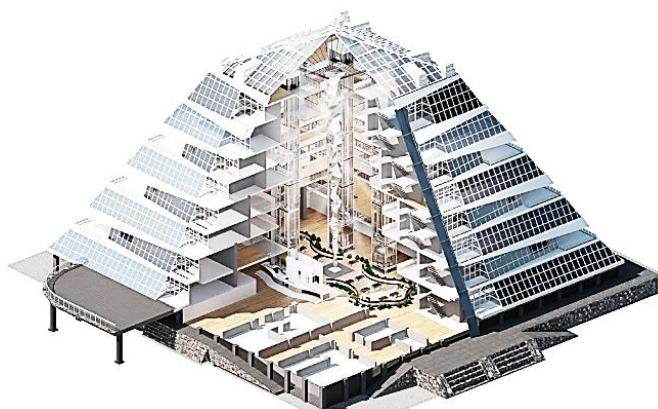


Рис. 4. Правильно спроектированное сейсмостойкое здание

4. Предусмотреть конструктивные материалы, которые обеспечат устойчивость и геометрическую неизменяемость конструкций при развитии в элементах и соединениях между ними неупругих деформаций, а также исключающие возможность хрупкого разрушения.

5. Необходимо соблюсти принцип замкнутого контура: несущие элементы конструкции должны быть связаны между собой, образуя замкнутые контуры, как в горизонтальном, так и в вертикальном направлении.

С помощью антисейсмических швов можно обеспечить независимую работу каждого контура при сейсмических колебаниях, которые с целью экономии следует объединить с температурными и осадочными.

Если будет отсутствовать антисейсмический шов, то помимо поступательного смещения будет наблюдаться поворот здания, вследствие чего произойдет образование трещин в месте стыка двух блоков.

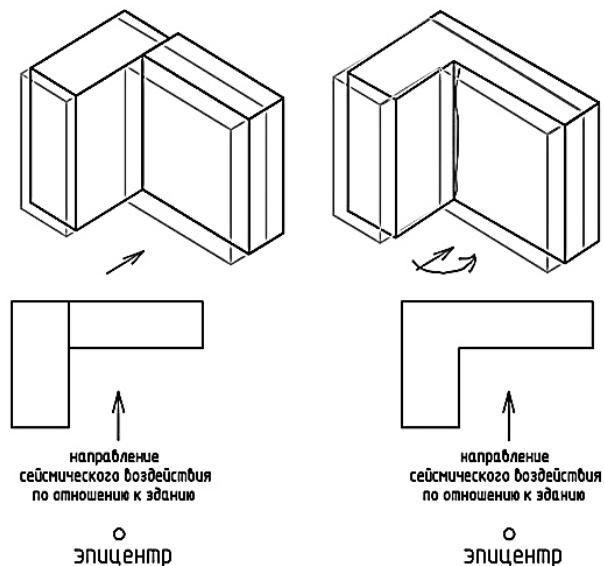


Рис. 5. Влияние антисейсмических швов на сейсмостойкость

6. Фундаменты сейсмостойких зданий должны быть прочными и достаточно глубоко заложенными.

7. Необходимо качественно выполнять СМР. Всем понятно, что низкая квалификация рабочих приведёт к не правильному выполнению заданных задач и планов, что в свою очередь может привести к разрушению здания.

Например, в Мессине (Италия) преобладала стихийная застройка территории зданиями построенных из местных материалов. Во время этого землетрясения погибло около 100000 человек. Академик Мушкетов, анализируя последствия землетрясения, отмечал, что странно не то, что разрушения были столь велики, а то, что что-то ещё и уцелело, а вопросы качества строительства даже не рассматривались.

Таким образом на всех специалистах, причастных к строительству зданий и сооружений лежит большая ответственность за жизни людей. На каждом этапе строительства от проектирования до ввода в эксплуатацию должны быть соблюдены требования и нормы, качественно выполнены строительно-монтажные работы для обеспечения необходимой сейсмоустойчивости зданий.

### ***Список литературы***

1. Саркисов Д.Ю. Сейсмостойкость зданий и сооружений: Учеб. пособ. для студентов специальности 271101 «Строительство уникальных зданий и сооружений» / Авт.-сост. Д.Ю. Саркисов. – Томск: Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2015. – 156 с.
2. Сейсмостойкость зданий и сооружений. Учеб. пособ. для студентов специальностей 270102 «Промышленное и гражданское строительство» и 270105 «Городское строительство и хозяйство» / Сост. Л.С. Чигринская; Ангарская государственная техническая академия. – Ангарск: Изд-во АГТА, 2009. – 107 с.