

**К вопросу о конструктивных мероприятиях  
противодействующим сейсмическим воздействиям**

Альтамиами М.М.

(Научный руководитель – Зверев В.Ф.)

Белорусский национальный технический университет,  
Минск, Беларусь

В соответствии с действующими нормативными документами на территории Республики Беларусь актуальным является вопрос об учете сейсмических воздействий. Следует отметить, что одним из первых объектов является Национальная Библиотека Республики Беларусь, атомная станция в Гродненской области в которых учтено влияние сейсмических воздействий.

Рассматривая события, предшествующие появлению нормативных документов учитывающих влияние сейсмических воздействий, следует отметить, что в недалеком прошлом, в 1986 году, каркасное землетрясение вызвало колебание земной коры в Беларуси.

Исходя из вышесказанного необходимость учета сейсмических воздействий при строительстве уникальных зданий в Республики Беларусь не вызывает никаких сомнений.

Важным условием снижения сейсмической нагрузки является уменьшение массы здания, наилучшим сочетанием динамической жесткости с характеристиками затухания колебаний, равномерным распределением жесткостей и масс, применение систем сейсмозащиты.

К новым эффективным методам сейсмозащиты следует отнести системы, которые подразумевают изменение массы и жесткости и демпфирование системы в зависимости от её перемещений и скорости.

Рассматривая влияние землетрясения на здание следует отметить, что несмотря на то, что фундаменты одни из первых конструктивных элементов подвергаются сейсмическим воздействиям в тоже время редко повреждаются.

Рассматривая некоторые виды пассивной сейсмозащиты фундаментов зданий следует их разделить по принципам работы. Пассивная сейсмозащита фундаментов включает системы сейсмоизоляции и сейсмогашения, что включает демпфирование и динамические гасители, позволяющие перераспределить колебания между соответствующими гасителями.

Касаясь сейсмоизоляции следует отметить, что рассматриваются две группы систем: а – адаптивные, б – стационарные.

К адаптивным системам относятся системы, в которых динамические характеристики сооружения меняются в процессе землетрясения, приспособляясь к сейсмическому воздействию, в стационарных системах динамические характеристики сохраняются в процессе землетрясения.

Рассматривая применение стационарных систем, следует отметить системы зданий с гибким нижним этажом. Где в качестве опор используются гибкие каркасные стойки, располагаемые в надземной части здания, представленные на рисунке 1.

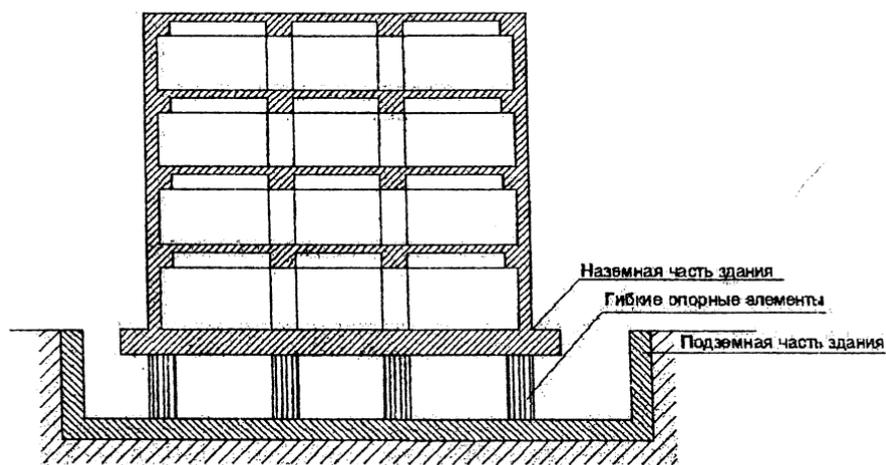


Рисунок 1. Стационарная система с гибкими опорами

Здания на резинометаллических и резинопластиковых опорах сжатия получили широкое распространение в Республике Беларусь. 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 и представлены на рисунке 2.

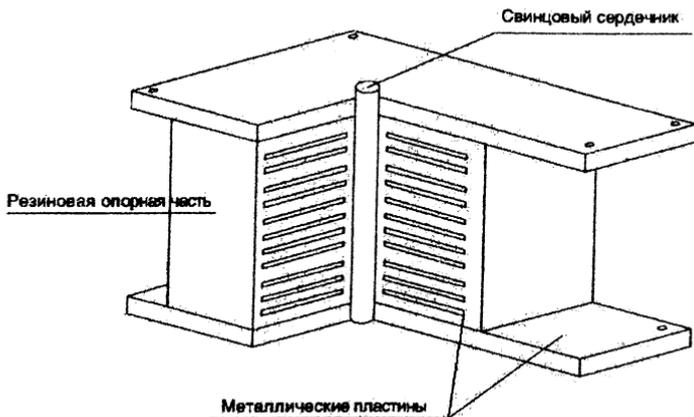


Рисунок 2. Антисейсмическая опора

Серьезной проблемой при проектировании сооружений на упругих опорах явилась сложность обеспечения их прочности при значительных взаимных смещениях сейсмоизолированных частей фундамента. Это послужило причиной широкого распространения кинематических опор при сооружении сейсмоизолирующих фундаментов. Принцип действия такой 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.

Необходимо отметить, что фундаменты этого типа не имеют специальных демпфирующих устройств, и при длиннопериодных воздействиях силой более 8 баллов, согласно выполненным расчетам, возможно смещение здания с опор. Это указывает на опасность фундаментов на кинематических опорах, если в них не предусмотрены дополнительные демпфирующие элементы.

Сейсмоизоляция, не обеспечивающая возвращающей силы, действующей на сейсмоизолированные части конструкции, реализуется путем устройства скользящего пояса. Одно из наиболее известных технических решений такого типа – сейсмоизолирующий фундамент фирмы (Spie Battignolle i Electricite de France).

Конструкция антисейсмической фрикционной опоры показана на рисунке 3. 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.

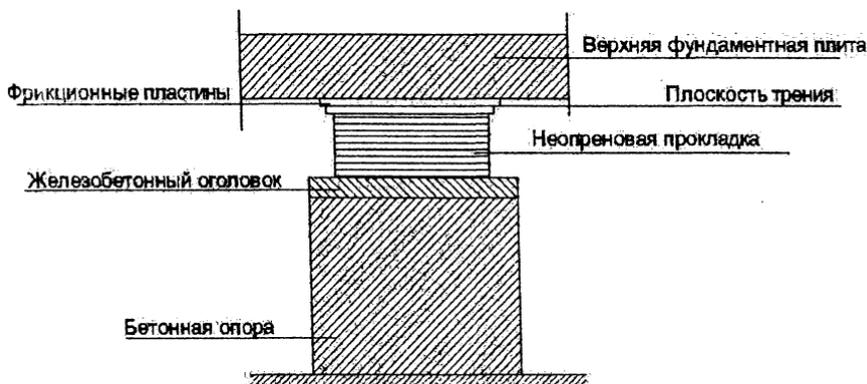


Рисунок 3. Сейсмоизолирующий фундамент

Рассмотренные выше примеры сейсмоизоляции представляют собой системы, в которых динамические характеристики сохраняются в процессе землетрясения.

Наряду с этими решениями в практике сейсмостойкого строительства получили распространение адаптивные системы. В этих системах динамические характеристики сооружения необратимо меняются в процессе землетрясения, «приспосабливаясь» к сейсмическому воздействию.

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.

Применение выключающихся связей наиболее эффективно в том случае, когда уверенно прогнозируется частотный состав ожидаемого сейсмического воздействия. В качестве недостатков необходимо отметить, что после разрушения выключающихся связей во

при необходимости их восстановление, что не всегда экономически осуществимо.

Несмотря на ряд достоинств сейсмоизолирующего фундамента, рассматриваемая конструкция имеет ряд недостатков. Анализ французского решения состоит в том, что взаимные смещения фундаментных плит не превосходили 20 см.

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

Следует отметить, что традиционные сейсмоизолирующие устройства, в том числе и сейсмоизолирующие опоры, имеют существенный общий недостаток: они расчленяют цельную систему «здание-фундамент» на отдельные части, что приводит к ослаблению системы в угоду сейсмоизоляции определенной части этой системы. При этом возникают взаимные смещения между изолированной и неизолированной частями для ограничения этих взаимных смещений устанавливают демпферы, рассеивающие энергию сейсмического воздействия.

**Инерционный демпфер** – называемый также **инерционный гаситель** является устройством для вибрационного контроля и представляет собой массивный бетонный блок, установленный на высотном здании или другом сооружении, который колеблется с резонансной частотой данного объекта с помощью специального пружиноподобного механизма под сейсмической нагрузкой.

Для этой цели, например, инерционный демпфер небоскреба Тайбэй 101 оборудован двумя маятниковыми подвесками, на 92-ом и 88-ом этажах, весящими 660 тонн каждая.

**Гистерезисный демпфер** – предназначен для улучшения работы зданий и сооружений под сейсмической нагрузкой за счёт диссипации сейсмической энергии проникающей в эти здания и сооружения. Имеются, в основном, четыре группы гистерезисных демпферов, а именно:

- Жидкостный вязкоупругий демпфер
- Твердый вязкоупругий демпфер
- Металлический вязко текучий демпфер
- Демпфер сухого трения

Каждая группа демпферов имеет свою специфику, свои достоинства и недостатки, которые следует учитывать при их применении.

**Многочастотный успокоитель колебаний (МУК)** является системой устройств для вибрационного контроля, установленной на высотном здании или другом сооружении, которое колеблется с определёнными резонансными частотами данного объекта под сейсмической нагрузкой.

Каждый МУК включает в себя ряд междуэтажных диафрагм, обрамленных набором выступающих консолей с различными периодами собственных колебаний и работающих как инерционные демпферы. Использование МУК позволяет сделать здание как функциональным, так и архитектурно привлекательным.

### **Вывод**

На основании изложенного следует отметить, что использование современных методов сейсмоизоляции позволяет повысить надежность зданий и сооружений.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Поляков С.В., Килимник Л.Ш., Черкашин А.В. Современные методы сейсмозащиты зданий. – М.:Стройиздат, 1989. –320с.
2. Берковская Д.А. Мероприятия по антисейсмической защите конструкций зданий (Франция). // Строительство и архитектура Серия 14.1977. Вып.9, с. 10-12.
3. Тыркина О.В. Конструктивные решения и методы расчета зданий на сейсмоизолирующих опорах из хлорпренового каучука (Франция). // Сейсмостойкое строительство. Реф. сб. Сер.14. – М.: ВНИИИС, 1985. Вып.14, с.1-8.
4. Абовский Н.П., Енджиевский Л.В., Надеяев В.Д. Новые конструктивные решения для сейсмостойкого строительства в особых грунтовых условиях. // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений, 2004, №3, с.30-32.
5. Баркан Д.Д., Межевой Г.Н. Исследование работы свайных фундаментов с промежуточной подушкой в сейсмических районах. / Сб.трудов НИИОСП им. Герсеванова. Вып. 67. – М.: Стройиздат, 1976.
6. ТКП EN 1991-1-3-2009 (02250) Еврокод 1. Воздействия на конструкции.