



CONSTRUCTION SOLUTIONS OF THE BASIC METHODS OF SEISMIC PROTECTION OF BUILDINGS OR STRUCTURES

Khasanova O.T.

Associate Professor, Department of Life Safety, Tashkent State Technical University

1958bjd@gmail.ru +998946406048

Kamoliddinov S. Sh.

Master of the Department of Life Safety, Tashkent State Technical University

sirojiddinkamoliddinov707@gmail.com +998907501332

Annotation

This article discusses a set of engineering design measures, as well as an analysis of the three main methods of seismic protection, increased seismic resistance of load-bearing and enclosing structures of buildings and structures.

Keywords: seismic protection, seismic resistance, seismic insulator, rollery system, seismic loads, dampers, epicenter, epicentral and limiting distance, intensity.

Аннотация. В настоящей статье рассмотрен комплекс инженерных конструктивных мероприятий, а также рассмотрен анализ трёх основных способов сейсмозащиты, повышающих сейсмостойкость несущих и ограждающих строительных конструкций зданий или сооружений.

Аннотация. Ушбу мақолада конструктив муҳандистлик чора-тадбирлар, ҳамда бино ёки иншоотлардаги юк кўтарувчи ва тўсиқ конструкцияларининг сейсмомустаҳкамлигини оширувчи урта асосий усулларнинг тахлили кўриб чиқилган.

Ключевые слова: сейсмозащита, сейсмостойкость, сейсмоизолятор, сеймонагрузки, демпферы, эпицентр, эпицентральное и гипецентральное расстояние, интенсивность.

Калит сўзлар: seysmik himoya, seysmik barqarorlik, seysmik izolyator, izlovchilar, epitsentr, epitmarkaz va gipemarkaz masofas, intensivlik.

Введение. В связи с активизацией техногенных воздействий (добыча полезных ископаемых, изменение геологической и гидрогеологической среды в результате



обеспечения жизнедеятельности человечества, подземные испытания оружия и т.д.) и природных процессов (извержение вулканов, подвижки тектонических плит, обвалы, сели, оползни, цунами и т.д.) на кору земного шара, его мантию и ядро, зафиксирован факт и отмечается, что в течении последнего обозримого периода 50 - 100 лет на Земном шаре сформировались и выявлены регионы, в которых стали происходить землетрясения и другие сейсмособытия.

В связи с этим, перед специалистами появилась новая глобальная проблема, актуальность которой связанная с обеспечением требуемой сейсмостойкости всего комплекса зданий, сооружений и инфраструктуры, которые раньше были возведены и эксплуатировались как объекты для обычных условий строительства и эксплуатации, без известных мероприятий, обеспечивающих расчетную сейсмостойкость.

Методы и достижения. Принципы и идеи для разработки систем сейсмозащиты многоэтажных, высотных и массивных зданий и сооружений, начали свое формирование еще с древнейших времён на базе этих древнейших знаний, почерпнутых из различных эпох у разных народов мира, копившихся тысячелетиями, основано современное сейсмостойкое строительство. Опираясь на эти разработки, в начале XX века Омори провёл ряд исследований по определению сейсмических сил. Эти исследования положены в основу:

- статической теории сейсмостойкости (Омори, 1906 г.). Согласно этой теории, значение сейсмических сил определяется выражением

$$S = K_c Q,$$

где Q — вес части сооружения, K_c — сейсмический коэффициент, равный отношению ускорения основания к ускорению свободного падения.

- динамической теории сейсмостойкости, описывающей поведение конструкций с помощью методов динамики сооружений (Мононобе и Сато, 1920 г.);

$$S = K_c \beta Q,$$

где β — коэффициент динамичности, определяемый выражением

$$\beta = \frac{1}{1 - \frac{T^2}{T_0^2}} = \frac{1}{1 - \frac{\omega_0^2}{\omega^2}}$$

где $T(\omega)$ — период (частота) собственных колебаний системы, $T_0(\omega_0)$ — период (частота) колебания основания при землетрясении;

- спектральная теория, в которой вводятся спектральные кривые, описывающие зависимость максимальных ускорений, скоростей или перемещений линейного осциллятора от периода его собственных колебаний (Био, 1933г.) [1].



При разработке способов оптимизации конструктивных решений сейсмостойкости зданий и сооружений, в настоящее время используются три принципиально отличных способов защиты зданий и сооружений в сейсмических районах [2].

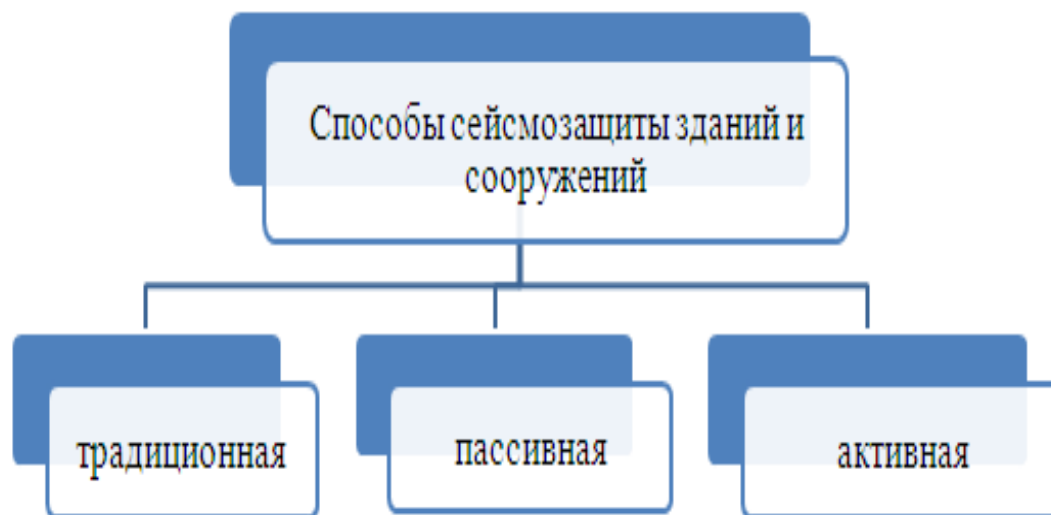


Рис. 1. Способов оптимизации конструктивных решений сейсмостойкости зданий и сооружений

Анализ традиционных сейсмоизолирующих устройств показывает, что, как правило, они используются для сейсмоизоляции надземной части здания от фундамента, а не для сейсмоизоляции всего сооружения вместе с фундаментом от источника сейсмического воздействия (основания). Традиционные схемы сейсмоизоляции [4], как правило, не применяют для случаев со сложными грунтовыми условиями, слабыми грунтами, возможными неравномерными осадками и просадками, что существенно ограничивает их использование. [4].

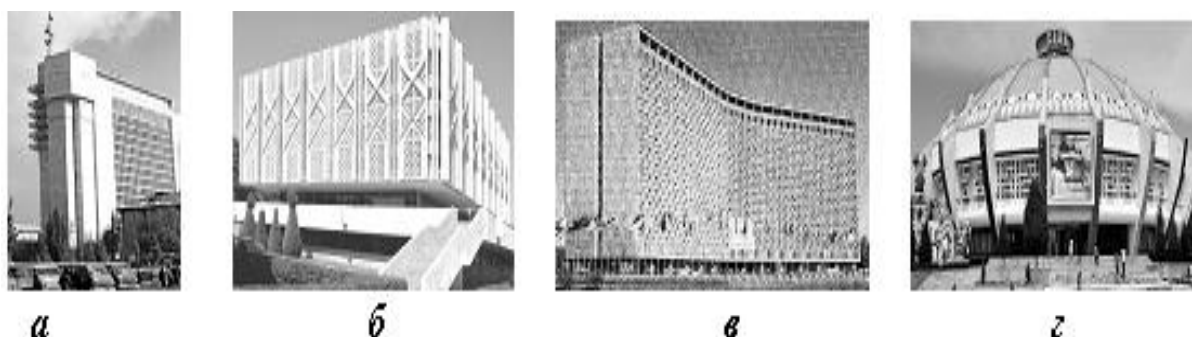


Рис. 2. Отдельные примеры уникальных сейсмостойких зданий и сооружений, возведенные после Ташкентского землетрясения в 1966 году: а - Дома печати (1975 г); б - Центральный музей (1970 г.); в - гостиница Узбекистан (1974 г); г - здание цирка (1976 г)



Анализ традиционных сейсмоизолирующих устройств показывает, его широкое внедрение, где решается задача создания системы пассивной сейсмозащиты, т.е. уменьшения связи между зданием и грунтом. Условно такие системы можно разделить на две категории, в одном случае используется принцип трения-скольжения, а в другом - трения-качения [5,6].

В настоящее время в зависимости от параметров проходящих сейсмических волн изменяют жесткостные характеристики здания и его динамические параметры так, чтобы в нем возникли колебательные процессы, близкие к резонансным параметрам. Для моделирования такого процесса специалисты Японии применяют специальное устройство, располагаемое на первом этаже здания, которое позволяет проводить автоматически отстройку от резонансного режима (рис. 3а).

В составе устройства имеются диагональные связи, в каждую из которых введены поршневые элементы. Цилиндры поршней соединены между собой трубкой, по которой в зависимости от нагружения диагональных стержней перетекает несжимаемая жидкость. При изменении скорости протекания жидкости меняется и жесткость диагональных связей. Для регулирования скорости протекания жидкости на трубке имеется задвижка, которая управляется программирующим устройством, меняющим жесткость конструкций здания так, чтобы в нем не возникало резонансных явлений.

К простейшим и наиболее распространенным типам, в отечественном и зарубежном строительстве относятся многослойные сейсмоизоляторы. Многослойные сейсмоизоляторы состоят из металлических пластин, между которыми размещаются резиновые прокладки (рис. 3б). За счёт упругой податливости многослойных резинометаллических сейсмоизоляторов фундамент может смещаться вместе с грунтом во время землетрясения, а здание будет испытывать колебания в уменьшенном, смягченном режиме. В этой конструкции можно учесть, что если резинометаллический сейсмоизолятор недостаточно защищает здание от вертикальной составляющей сейсмического воздействия, то для повышения его изолирующих свойств можно добавить воздушную подушку с высоким давлением, позволяющую «смягчить» вертикальный сейсмоудар (рис. 3 в).

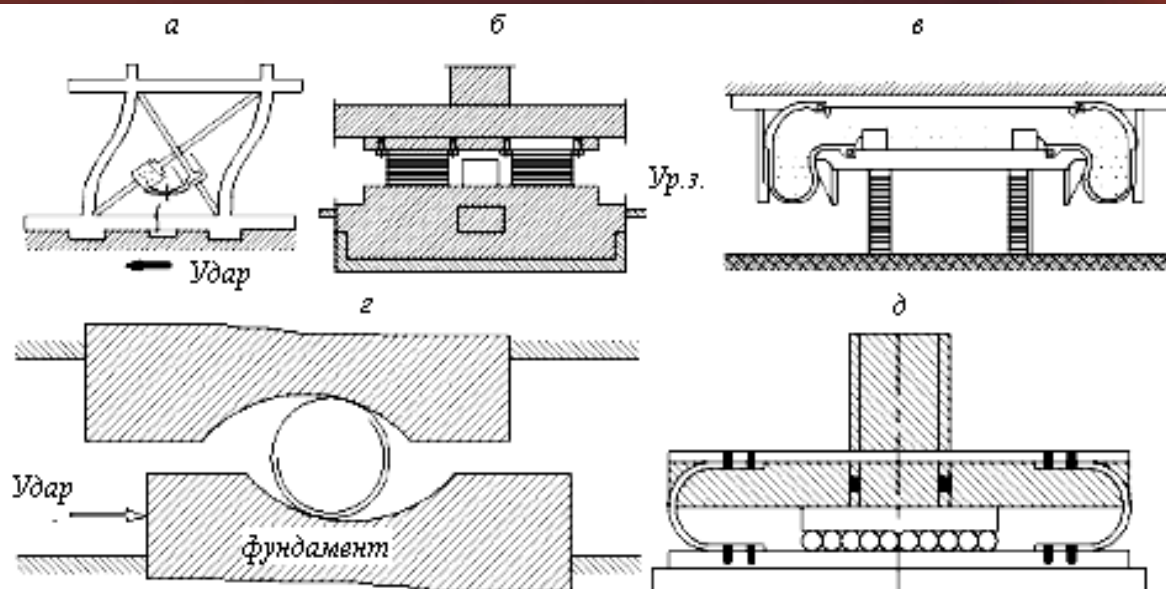


Рис. 3. Современные системы сейсмозащиты и сейсмоизоляции зданий и сооружений: а-схема устройства для изменения жесткостных характеристик здания и его динамических параметров; б-резинометаллический сейсмоизолятор; в-сейсмоизолятор с воздушной подушкой высокого давления; г-сейсмоизолятор со скользящими поясами с использованием эффекта трения-скольжения

Другие типы сейсмоизоляторов, которые используют эффект трения-скольжения, относятся к системам со скользящими поясами. Они выполняются в виде опоры или ряда опор, расположенных между обрезом конструкции фундамента и нижней опорной частью конструкций здания. Каждый такой узел с системой скользящих поясов состоит из двух металлических или пластмассовых пластин, не связанных между собой. Нижняя пластина прикреплена к конструкции фундамента, а верхняя пластина имеет жесткую связь с нижней частью конструкций здания. При сильном и опасном для здания землетрясении, сейсмические силы между нижней и верхней пластинами намного выше силы трения. Но здание сохранит свое равновесие за счет проскальзывания относительно перемещающегося вместе с грунтом фундамента. Поэтому становится ясным, что большего сейсмического удара на конструкции здания, чем природная сила трения, не может быть передано на здание. В связи с этим стремления ученых, создающих сейсмоизоляторы такого типа, направлены на снижение коэффициента трения. Например, в Японии трущиеся поверхности пластин смазывают маслом, что позволяет снизить сейсмическую нагрузку в 10 раз.



Если полностью избавиться от сил трения между зданием и фундаментом, то сейсмическая сила в здании совсем не возникает. Такой технический эффект, в принципе, осуществим при современном уровне развития техники, технологии и материаловедения с применением легких строительных материалов. Например, если построить модель здания на воде в плавучем состоянии, размещенном в бассейне с гибкими стенками, в полость которого залита не только вода, а любая другая вязко-тяжелая жидкость, с целью повышения архимедовой силы, то получим модель универсального сейсмоизолятора. Такая модель сейсмоизолятора способна предохранить здание от всех составляющих сейсмического воздействия. С целью снижения или полного исключения трения-скольжения выполняются системы сейсмоизоляторов, в которых эффект трения-скольжения заменен на эффект трения-качения. Все они состоят из комбинации шаровых поверхностей. Как правило, сейсмоизоляторы трения-качения устроены таким образом, что после землетрясения силой собственного веса сооружения возвращаются в исходное положение. Их применение более эффективно, но изготовление значительно более сложно и дорого.

Самой простой конструкцией являются шары, часто чугунные, размещённые между сферическими поверхностями (рис. 3г). Вместо шаров могут использоваться и более сложные тела вращения, например эллипсоиды. Схема работы таких систем сейсмоизоляции заключается в том, что устраиваются катковые опоры (как это практикуется в Канаде) позволяющие проскальзывание опор, а возврат в исходное положение осуществляется при помощи упругих пружин (рис. 3 д).

В последнее время широко используется маятниковый способ сейсмоизоляции зданий и сооружений. Один из вариантов такой системы сейсмоизоляции фундамента и здания в целом приведен на (рис. 4а).

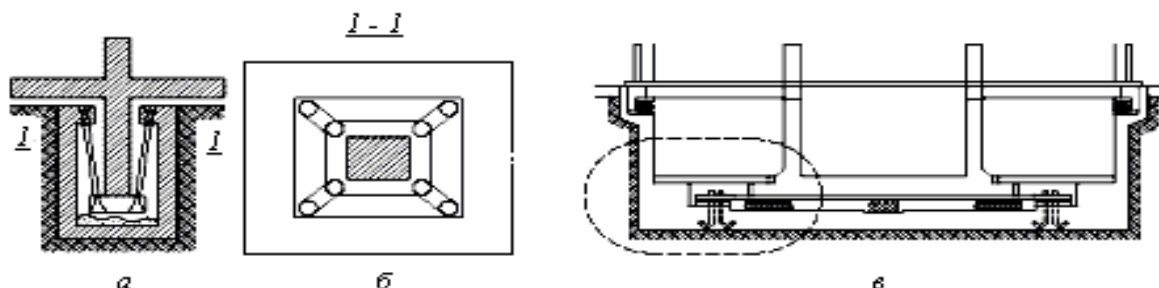


Рис. 4. Маятниковый (а, б) и комбинированный (в) способы сейсмоизоляции зданий и сооружений: а - поперечный разрез фундамента с подвеской на четырех тяжах; б - сечение I-I по конструкции маятниковой сейсмоизоляции; в - система комбинированной (комплексной) сейсмоизоляции здания, возведенного на фундаменте глубокого заложения (ФГЗ)



В фундаменте выполнен колодец, в котором на четырех тяжах подвешена опорная плита. На плиту опирается железобетонная колонна остова здания. Так был возведен весь каркас здания. В результате все здание получается подвешенным на тяжах. Для увеличения процесса затухания такой маятниковой конструктивной системы на дно колодца засыпается песок. При такой конструкции подвески здание будет иметь значительно больший период собственных колебаний, чем без подвески. Применение такой системы сейсмической изоляции зданий позволяет, как и в других случаях, исключить влияние колебания грунта при землетрясении на конструкции остова здания, которое в силу своей инертности сохранит свое исходное положение и равновесие. Учеными и специалистами разработано множество различных вариантов таких конструкций. Хорошо зарекомендовали себя многоэтажные здания, оснащенные системой подвесных маятниковых сейсмоизоляторов (Мексика Мехико, 1957г.) Каркасное здание было возведено на сплошном плитном фундаменте, который подвешен на оголовки металлических свай. Подвески пропущены через отверстия сквозь фундаментную плиту.

Каждая из описанных выше систем сейсмоизоляции зданий и сооружений имеет свои достоинства и недостатки. Поэтому их совершенствование и повышение эффективности осуществляется в применении комбинации совмещаемых по принципу работы систем сейсмозащиты и сейсмоизоляции. На рис. 4в приведена схема с системой комбинированной (комплексной) сейсмоизоляции здания, возведенного на фундаменте глубокого заложения (ФГЗ). На схеме воплощены все основные принципы сейсмостойкого строительства, включая принцип замкнутого контура всей конструкции, а также оптимального соотношения геометрических размеров высоты к размерам фундаментной конструкции. Это позволяет обеспечить сопротивление сейсмическим силам при минимальных расходах строительных материалов.

Анализируя работу «системы активной сейсмозащиты», её можно разделить на 3 основных блока:

- 1 блок - имеет специальные приборы и оборудования, которые в мониторинговом режиме на постоянной основе фиксируют землетрясения и передают сейсмические сигналы на 2-ой блок
- 2 блок - состоит из программного устройства, выполняет функцию оперативной обработки сейсмических сигналов, полученных от 1-го блока, и принимает решения о дальнейших действиях для всей системы активной сейсмозащиты. Если землетрясение не представляет опасности для защищаемого объекта, то



система 2-го блока не срабатывает и соответствующий сигнал на 3-й блок не передается. В противном случае от 2-го блока подается соответствующая команда на 3-й блок

- 3 блок - выполняет соответствующую корректировку параметров защищаемого сооружения. В качестве 3-го блока, оборудованного силовой установкой, используются электромагниты (струи воздуха, воды). При приближении сейсмической волны с максимальной амплитудой в 2,5см происходит срабатывание магнитов при котором здание приподнимается над поверхностью колеблющейся земли на 3см. Образовавшийся зазор необходим для «пропуска» под зданием сейсмическую волну и сохранения здания.

Современными учеными исследуются и предлагаются к внедрению все более простые конструктивные системы активной сейсмозащиты зданий и сооружений. К таким системам относятся здания, в которых вводятся специальные включающиеся и выключающиеся связи. Предусматривается, что в случае достижения резонансных явлений эти связи должны разрушаться (выключаться) или, наоборот, включаться, что приводит к изменению жесткости всего здания и выходу его из состояния резонанса. Следует надеяться, что такие системы найдут применение в ближайшем будущем [7].

Выводы и рекомендации. Таким образом, существующие способы оптимизации конструктивных решений имеют прямое отношение к архитектурным и объемно-планировочным решениям сейсмостойкого здания или сооружения, которые должны осуществляться на основании требований КМК:

- выполнение расчетов с учетом сейсмических нагрузок численными и инженерными методами в линейной и пластической постановке задач с использованием новейших расчетных программных комплексов;
- строительные материалы, конструкции и конструктивные схемы применять так, чтобы обеспечивать снижение значений сейсмических нагрузок; создать систему сейсмической изоляции, динамического демпфирования и устанавливать другие новейшие системы регулирования сейсмической реакции;
- объемно - планировочные и конструктивные решения зданий и сооружений принимаются из условия обеспечения симметричных конструктивных схем;
- оптимизация конструктивных решений (рациональное распределение строительных материалов в конструкциях многоэтажного здания при заданной конструктивной и расчетной схеме; выбор рациональной компоновки поперечных сечений строительных конструкций в составе стенового, каркасного



и комбинированного остова; выбор оптимальной геометрической формы в плане и по высоте, зависящей от параметров многоэтажного или высотного здания) [8].

Используемая литература

- 1) Синицын С. Б. Теория сейсмостойкости. Курс лекций -М.: Издательство МИСИ-МГСУ, 2014.
- 2) Конструктивная сейсmobезопасность зданий и сооружений в сложных грунтовых условиях Абовский Н.П. Красноярск СФУ, 2009
- 3) Черепинский Ю. Д. Сейсмоизоляция жилых зданий. Алматы, 2003.
- 4) Хасанов А.З., Мустакимов В.Р. Приближенный метод определения напряжений в грунте вокруг вертикального армоэлемента. Усиление оснований и фундаментов аварийных зданий и сооружений. Материалы Международной научно-практической конференции - Пенза, 2000, С. 176-178.
- 5) Ньюмарк Н. М., Розенблюэт Э. Основы сейсмостойкого строительства. -М.: Стройиздат, 2000, 344 с.
- 6) Eisenberg J., Smirnov V., Vasileva A. Current status of civil structures and cultural centers seismic isolation in Russia. / 10th World Conference on Seismic Isolation, Energy Dissipation and Active Vibrations Control of Structures, Istanbul, Turkey, May 28 - 31, 2007.
- 7) Мкртычев О.В., Джинчвелашвили Г., Климова Д.В. Вероятностная оценка надежности системы сооружение-основание при случайном сейсмическом воздействии // Вестник МГСУ. – 2007. – № 1. – С. 101-104.
- 8) ҚМҚ 2.01.03-96 Зилзилавий худудларда қурилиш ИВЦ «AQATM» Госархитектстрой РУз.