

Ышык Ханифи Арслан, магистрант,
Ошский технологический университет,
Володина Татьяна Николаевна, преподаватель
Ошский строительный колледж,
Абжапарова Ууру Абжапаровна, ст. преподаватель
Ошский государственный университет

ОСОБЕННОСТИ СЕЙСМОСТОЙКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА В ТУРЦИИ И КЫРГЫЗСТАНЕ

В настоящей статье рассматривается проблемы сейсмостойкого строительства высотных зданий Турции и Кыргызстана, даны карты сейсморайонирования этих стран и ее анализ, конструктивное решение сейсмостойких зданий, методы сейсмоизоляции, демпфирования и их сочетания. Приведены выводы по статье и список использованной литературы.

Ключевые слова: землетрясение, бальность землетрясения, сейсмичность площадки, зоны пространства разломов, шкала Рихтера, сейсмическое воздействие, эпицентр, сейсмологическая карта, сейсмическая опасность, сейсмостойкость, микрорайонирование, здание, сооружение, высотное здание, конструктивные системы и схемы, сейсмоизоляция, демпфирование.

Yshyk Khanifi Arslan – graduate student,
Volodina T.N., lecturer, Osh Construction College,
Abzharova Uuru Abzharovna - lecturer, Osh state university

FEATURES OF EARTHQUAKE-PROOF CONSTRUCTION IN TURKEY AND KYRGYZSTAN

This article deals with the problems of earthquake-proof construction of high-rise buildings in Turkey and Kyrgyzstan, maps of seismic zoning of these countries and its analysis, constructive solutions of seismic resistant buildings, methods of seismic isolation, damping and their combination. The conclusions on the article and the list of used literature are given.

Key words: earthquake, glacial earthquake, seismicity of the site, fault spreading zones, Richter scale, seismic impact, epicenter, seismological map, seismic hazard, seismic stability, micro district, building, structure, high-rise building, structural systems and circuits, seismic isolation, damping.

Турция расположена на территории, по которой проходят множество различных геологических разломов. Эти разломы появились в результате сдвига на стыках тектонических плит и именно в этих активных зонах, часто происходят землетрясения, которые вызваны различными тектоническими процессами.

Согласно результатам последних исследований, которые проводились главным управлением по поиску и разведке полезных ископаемых Турции (МТА) в период с 2004 по 2011 г., отмечается 326 линий разломов тектонических плит. Хотя на карте, составленной в 1992 году, было показано всего 150 разломов. Обновленная карта показывает местоположения активных геологических разломов и сопровождает ее геологической, геоморфологической и сейсмологической информацией.

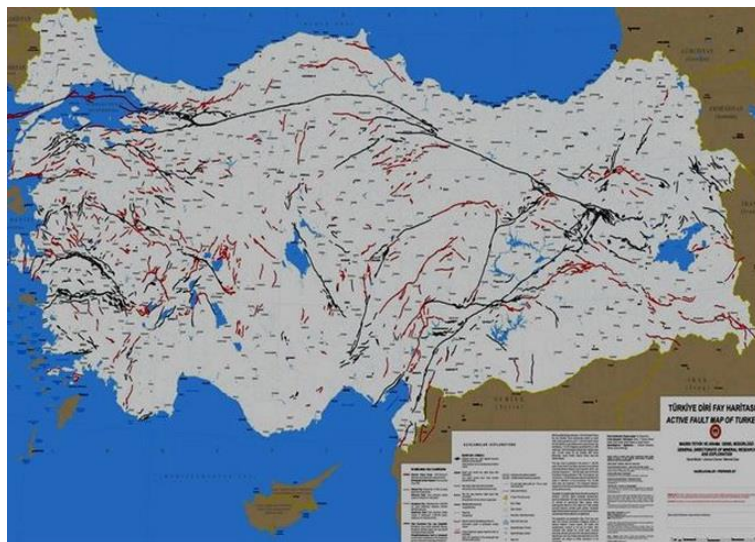


Рис. 1. Сейсмическую карту составленная главным управлением по поиску и разведке полезных ископаемых Турции (МТА), 2012 г. [1].

О вероятности землетрясений, также, можно судить по карте сейсмического районирования Турции, представленной на сайте Департамента по стихийным бедствиям и чрезвычайным ситуациям Турецкой Республики (AFAD). На этой карте территория страны разделена на зоны с точки зрения уровня сейсмической активности. Всего разделяют пять степеней сейсмической опасности — от максимальной (красный цвет), до минимальной (белый цвет).

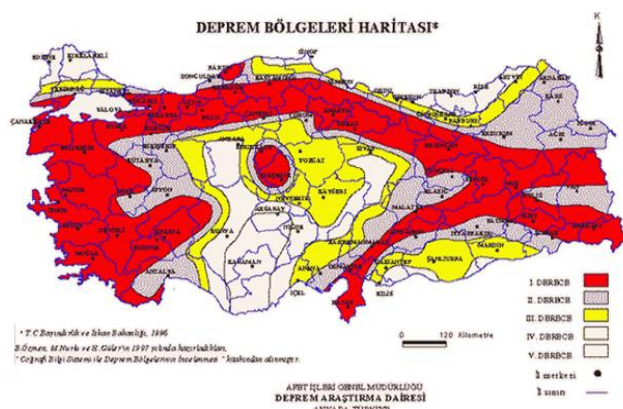


Рис. 2. Карте сейсмического районирования Турции [1]

На западе Турции 17 августа 1999 г. произошло Измитское землетрясение силой 7,4 балла по шкале Рихтера и длилось 45 секунд, в результате погибло 17 тысяч, было ранено 44 тысячи человек, повреждено или разрушено 320 тысяч домов. Более 300 тысяч человек осталось без крова, а общий экономический ущерб, по разным сведениям, составил от 3 до 13 млрд. долларов. Значительной части разрушений в Измите[1] и его окрестностях можно было бы избежать, если бы выполнялись местные строительные нормы и правила. Многие новые здания проектировались без учета сейсмической опасности, и они были возведены не на той территории, где землетрясения проявляются с меньшей интенсивностью. По историческим данным подобные катастрофы наблюдались на территории Турции примерно раз в сто лет. Предыдущее землетрясение силой 7,9 балла произошло здесь 27 декабря 1939 года, тогда погибло около 33 тысяч человек и было частично или полностью разрушено 117 тысяч домов на восточном побережье Мраморного моря. В Турции за последние 100 лет зарегистрировано 66 крупных землетрясений с магнитудой не менее 5,5 по шкале Рихтера, половина из них – силой 6,5 и более баллов. Нередко наблюдаются парные

толчки, например, вслед за Измитским катастрофическим землетрясением последовал второй сильный удар недалеко от Анкары. Причиной частых землетрясений в этом районе является особо активный Анатолийский разлом, находящийся на стыке нескольких тектонических плит (Африканской, Аравийской и Евразийской) и захватывающий территории Турции, Ирана и Кавказа. Эти тектонические плиты движутся в сторону крымского полуострова со скоростью более 30 мм в год. Этот полуостров находится на южной периферии Евразийской плиты – в 300 км от сейсмоактивного Северо-Анатолийского разлома.

Территория Кыргызской Республики является сейсмически активной зоной, где происходят до 1500 толчков в год. По данным МЧС 65 % территории республики подвержены 9 бальному сейсмическому воздействию, 34,5 % - 8 бальной и только 0,5 % - 7 и ниже бальному воздействию.

Высокая сейсмичность обусловлена активностью тектонических процессов и сложной геолого-тектонической обстановкой. Информация о древних сильных землетрясениях, которые происходили на территории Тенир-Тоо, представлена в виде сейсмогравитационных палеоформ (обвалы, срывы, оползни, завалы и т.п.). Они встречаются на всей площади Кыргызстана.

Первые сведения о катастрофической стихии относятся ко времени полного уничтожения древнего города в долине реки Чон-Кемин.



Рис. 3. Зоны простираения разломов на территории и вокруг Турции (по данным ЦОМЭ ГС РАН, г. Обнинск). Коричневым овалом показан район г. Измит

Известные данные относятся к концу 18 века - около села Беловодское «было засыпано озеро» (9—10 баллов), а к началу следующего века - в р-не г. Алматы произошла «страшная катастрофа, отзвуки которой докатились до территории Кыргызстана.

В 1911 в Северном Тенир-Тоо произошла грандиозная сейсмическая катастрофа (Кеминское землетрясение силой 10—11 баллов), в результате которого погибло более 1500 чел., были разрушены посёлки в долине реки Чон-Кемин и на северном берегу озера Ысык-Кол. Протяжённость зоны крупных нарушений земной поверхности (трещины, обвалы, оползни и др.) достигла 250 км. В июне 1938 произошло землетрясение (8 баллов) с эпицентром близ станции Жел-Арык (вост. оконечность Чуйской впадины).

Чаткалское землетрясение (9—10 баллов) в 1946 г. охватило огромную территорию. В городах юга Кыргызстана (г. Ош, г. Жалал-Абад) и Узбекистана (г. Андижин, г. Ташкент) сильно пострадали многие сооружения и здания. Открылись крупные трещины, часть озера Сары-Челек была перекрыта завалом. Чаткалское землетрясение вызвало массу повторных толчков за последующий месяц после главного удара было зарегистрировано 230 толчков.

В 1970 г. Сарыкамьское землетрясение (8—9 баллов) произошло и охватила территорию, где пострадали и были разрушены многие жилые дома, в горах отмечались массовые обвалы, оползни, камнепады.

В 1977 г. на территории Баткенского района Ошской области произошло землетрясение (8—9 баллов), которое охватила большие территории Кыргызстана, Узбекистана, Таджикистана и Казахстана. Были разрушены населенные пункты. Одновременно такой же силы землетрясение (8—9 баллов) произошло в юго-западной части Алайской впадины с. Дароот-Коргонское. Разрушились чабанские дома и глинобитные загоны для скота, имелись человеческие жертвы.

В 1978 г. произошло Тюпское землетрясение (8—9 баллов), были повреждены и разрушены более 50 населённых пунктов Тюпского района.

В мае 1992 г. на юге Кыргызстана произошло Кочкоратинское землетрясение (7—8 баллов). Эпицентральная область распространилась до 40 км в длину и 5—7 км в ширину. Были разрушены Кочкор-Ата и близлежащие селения, произошёл сход оползней.

Одно из сильнейших землетрясений последних лет — Суусамырское (август 1992 г.), которое охватило территорию от Казахских степей до Северного Памира на юге. Зона максимальных сотрясений покрыла южную и северную склоны Суусамырского хребта, Суусамырскую, Арамзинскую, Кетмен-Тёбёнкую и Таласскую впадины. В её пределах пострадали все населённые пункты, они были разрушены на 60—80 %. Обвалы и оползни в горах привели к людским жертвам и много численной гибели скота. Значительный ущерб нанесла стихия автомобильной дороге Бишкек — Ош.

В январе 1997 г. в горах Жаман-Даван Нарынской области зафиксировано землетрясение (7—7,5 балл.), которое ощущалось на всей территории Северного Тенир-Тоо.

За последние 100 лет на территории Кыргызской Республики произошло множество катастрофических землетрясений, разрушивших посёлки и города, унёсших тысячи человеческих жизней. Предотвратить землетрясение ещё никому не удалось, но возможность многократно уменьшить неизбежные потери существует. Землетрясения базируются на картах сейсмического районирования, которые действуют в качестве нормативного документа при строительстве.

Первая такая карта по Кыргызстану была составлена в 1964. Однако в её основе лежал сравнительно ограниченный материал, что снизило надёжность карты по данным сейсмоопасности.

В современном высотном строительстве в сейсмических зонах применяют конструктивные системы и схемы с определенными вариантами компоновок. Все конструктивные системы можно разделить на три категории: каркасные, стеновые и смешанные (каркасно-стеновые). Каркасные системы подразделяются на: рамно-каркасные, каркасные с диафрагмами жесткости, каркасно-ствольные. Стеновые системы подразделены на схемы: с перекрестными стенами и коробчатые (оболочковые). Смешанные системы сочетают в себе отдельные признаки двух других систем, к ним относят каркасно-ствольные и коробчато-ствольные.

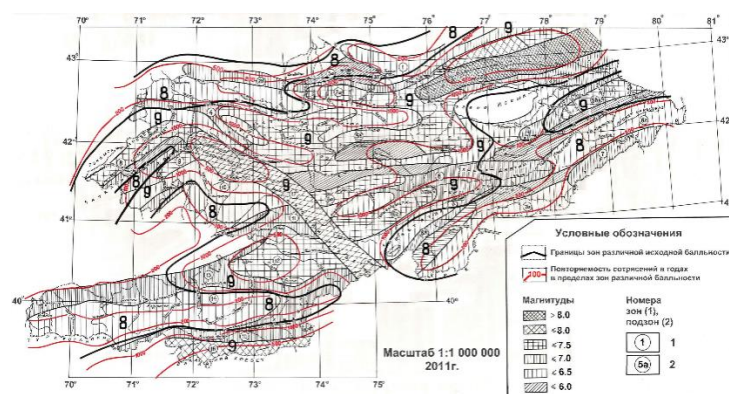


Рис. 4. Карта сейсмического районирования Кыргызстана [2].

Компоновочное решение высотных зданий зависит от высоты объекта и инженерно-геологических условий. инженерно-геологические условия дают полную характеристику факторов (сейсмичность площадка и, ветровая и снеговая нагрузка, залегание грунтов и уровень подземных вод, температура наружного воздуха, рельеф местности и т.д.) влияющих на архитектурно-планировочные решения.

Высотные здания можно разделить на диапазоны по высоте, для каждого из которых характерны свои конструктивные решения. При этом следует заметить, что границы диапазонов в определенной степени условны в силу перечисленных выше обстоятельств.

В Турции строятся здания высотой до 200 м, несущим каркасом которых является: рамный каркас, каркас с диафрагмами жесткости. При строительстве жилых домов и гостиниц применяют и перекрестно-стеновую систему, которая благодаря высокой жесткости наиболее эффективна в зданиях высотой до 150 м. Эти конструктивные системы имеют компоновочные схемы, удовлетворяющие объемно-планировочным решениям и функциональному назначению объектов строительства.

В Кыргызстане (г. Бишкек, г. Ош) за последние 20 лет интенсивно начали строить высотные здания до 75 метров с плитными фундаментами, рамно-каркасным и каркас с диафрагмами жесткости. Независимо от высоты здания в строительстве следует соблюдать при разработке его объемно-планировочного решения максимально стараются придерживаться пропорций, обеспечивающих требуемую жесткость строения и ограничивающих колебания верхней части при знакопеременных горизонтальных нагрузках. Обычно отношение меньшего размера в плане к высоте здания составляет 1:7 – 1:8. При соотношениях, больше указанных неоправданно увеличивается площадь застройки, а при уменьшении – заметно возрастает деформативность несущего остова, что негативно сказывается как на технико-экономических показателях, так и на пребывании людей на верхних этажах.

Увеличение высоты зданий сопровождается существенным ростом горизонтальных нагрузок, действующих на них в процессе строительства и эксплуатации. Как уже было отмечено, при некоторых условиях напряжения, возникающие в элементах несущего остова здания, определяются в большей степени горизонтальными усилиями. Превалирующее влияние горизонтальных нагрузок приводит к неравномерному распределению вертикальных усилий и деформаций в вертикальных несущих конструктивных элементах остова здания, его закручиванию, сдвиговым деформациям. Для повышения сопротивления внешним воздействиям несущей системы зданий высотой более 250 м применяют преимущественно ствольные конструктивные системы: “труба в трубе” и “труба в ферме”. Их компоновочная схема включает центральный ствол, воспринимающий основную долю всех нагрузок, и расположенные по периметру здания несущие элементы в виде отдельных стоек (колонн), решетчатых систем (ферм, составных стержней и др.), пилонов, которые также могут быть объединены в единую конструкцию. Жесткость ствольной системы, ее устойчивость и способность к гашению вынужденных колебаний обеспечиваются заделкой центрального ствола в фундамент.

В случаях, когда жесткости стеновой, каркасной или ствольной системы недостаточно, прибегают к комбинированным решениям, сочетающим в себе признаки разных конструктивных решений. В частности, для повышения сопротивления несущего остова здания возрастающим с высотой над уровнем земли ветровым нагрузкам применяют комбинацию ствольной и стеновой систем. В этом случае горизонтальные нагрузки воспринимаются не только внешней оболочкой и центральным стволом, но и внутренними несущими стенами. Комбинированная конструктивная система обладает большей конструктивной гибкостью в части возможности распределения доли воспринимаемых усилий за счет варьирования жесткости несущих элементов остова.

Следует заметить, что повышения сопротивляемости здания ветровым нагрузкам можно достигнуть не только за счет применения соответствующих конструктивных систем, но и путем придания определенной формы в плане. Многочисленные зарубежные исследования, выполненные продуванием моделей в аэродинамических трубах и компьютерной симуляцией с помощью программного обеспечения, показали, что оптимальной формой плана высотного здания является круг или фигура, близкая по форме к кругу. Эллиптическая и квадратная формы хотя и уступают круглой, но также обеспечивают достаточную сопротивляемость здания горизонтальным нагрузкам. В качестве примеров можно привести здания Marina City в г. Чикаго (США), Petronas Towers в г. Куала Лумпур (Малайзия), Taipei в г. Тайпэй (Тайвань). Другие высотные здания близкой этажности имеют аналогичные очертания в плане.

Говоря о предпочтительных формах планов высотных зданий, необходимо отметить, что при прочих равных условиях наилучшими показателями обладают сечения минимум с двумя осями симметрии. Такие здания менее других чувствительны к изменению направления действия горизонтальных нагрузок, а количество типоразмеров несущих конструкций сокращается до минимума. Практика свидетельствует о том, что сооружения сложной формы целесообразно проектировать составными из нескольких блоков, имеющих более простые по форме сечения.

Высотное строительство часто осуществляется в сейсмически активных районах. Это порой приводит к противоречивым результатам влияния жесткости каркаса на поведение здания при ветровых и сейсмических нагрузках. Если для улучшения сопротивления ветровому напору и уменьшения амплитуды и частоты колебаний верха здания прибегают к увеличению жесткости несущего остова, то при сейсмических нагрузках такие здания не способны поглотить энергию толчков земной коры, что вызывает значительные перемещения и ускорения на верхних этажах. С уменьшением поперечной жесткости несущей системы наблюдается обратная картина – при более гибком скелете заметно ухудшаются комфортные условия на верхних этажах, испытывающих значительные колебания.

Для устранения указанных противоречий в особо высоких зданиях (до 300 м и более) на верхних этажах устраивают пассивные маятниковые демпферы. В частности, такой демпфер установлен в башне Taipei. Он имеет вес около 800 т, подвешен с помощью тросов на 92-м этаже и предназначен для гашения инерционных колебаний. В обычных условиях эксплуатации демпфер обеспечивает отклонение верха здания в пределах до 10 см, а при воздействиях катастрофического характера (тайфуны, землетрясения и т.п.) сам раскачивается с амплитудой до 150 см, гарантируя колебания здания в безопасных пределах.

Повышение изгибной жесткости несущего остова высотных зданий со ствольными конструктивными системами и их сопротивляемости действию динамических горизонтальных воздействий достигают введением в каркас аутригерных структур, выполняющих функцию элементов, несущих на себе часть нагрузки от перекрытий. Как правило, это достаточно жесткие плоские или пространственные конструкции, расположенные по высоте здания с определенным шагом и соединенные между собой вертикальными стержневыми элементами. Включение аутригерных структур принципиально изменяет характер работы каркаса и позволяет регулировать его реакцию на внешние воздействия. Аутригеры высотных зданий, в конструктивном отношении представляющие собой раскосные или безраскосные фермы (последние известны под названием “балка Веренделя”), обычно располагают в уровнях технических этажей, разбивающих здания на отдельные функциональные и противопожарные отсеки.

Говоря о проектировании высотных зданий, рассчитываемых на воздействие сейсмических нагрузок, следует иметь в виду, что землетрясения силой до 4 баллов на уровне поверхности земли приводят к возникновению на верхних этажах эффектов,

соответствующих воздействиям силой 6, 7 и более баллов. Об этом свидетельствуют результаты расшифровки сейсмо и акселерограмм, записанных в Москве в 1977 и 1986 гг. Согласно В.В. Севостьянову и его коллегам [3], при проектировании высотных зданий и их комплексов высотой 100 м и более в Москве следует обязательно учитывать сейсмические воздействия. Как показывает анализ землетрясений, зафиксированных в Московском регионе за весь период инструментальных наблюдений, подвижки земной коры или ощутимые отголоски колебаний в других регионах могут происходить с временным интервалом в 50–100 лет. С учетом расчетного срока службы высотного здания, который составляет не менее 100 лет, каждый объект минимум один раз может подвергнуться воздействию сейсмических нагрузок достаточно высокой интенсивности.

Соппротивление высотного здания совокупности вертикальных и горизонтальных нагрузок зависит не только от очертания в плане, но и от формы вертикального сечения и регулярности структуры несущей системы. В этом отношении к оптимальным очертаниям приближаются трапеция с большим нижним основанием и прямоугольник. Такие профили обладают достаточной поперечной жесткостью, особенно в сочетании с регулярной структурой несущей системы. При сооружении высотного комплекса, состоящего из нескольких объемов, последние следует соединять шарнирно, чтобы в случае воздействий чрезвычайного характера, в том числе динамических нагрузок, не передавать на соседние строения дополнительные усилия.

Традиционные методы и средства защиты зданий и сооружений от сейсмических воздействий включают большой комплекс различных мероприятий, направленных на повышение несущей способности строительных конструкций, проектирование которых осуществляется на основании выработанных отечественным и зарубежным опытом строительства норм и правил, гарантирующих сейсмостойкость зданий и сооружений в районах с сейсмичностью 7, 8 и 9 баллов.

Проектирование зданий и сооружений в сейсмически опасных районах начинается с соблюдения общепологающих принципов сейсмостойкого строительства, в соответствии с которыми все используемые строительные материалы, конструкции и конструктивные схемы должны обеспечивать наименьшее значение сейсмических нагрузок. Рекомендуются при проектировании принимать, как правило, симметричные конструктивные схемы и добиваться равномерного распределения жесткостей конструкций и масс. В зданиях и сооружениях из сборных элементов рекомендуется располагать стыки вне зоны максимальных усилий, необходимо обеспечивать однородность и монолитность конструкций за счет применения укрепленных сборных элементов.

Существенное влияние на сейсмостойкость зданий оказывает выбор объемно-планировочных схем, их формы и габаритов. Наиболее предпочтительными формами сооружений в плане являются круг, многоугольник, квадрат и близкие им по формам очертания. Однако такие формы не всегда соответствуют требованиям планировки, поэтому чаще всего применяется прямоугольная форма с параллельно расположенными пролетами, без перепада высот смежных пролетов и без входящих углов. В случае, если возникает необходимость создания сложных форм в плане здания, то его следует разрезать по всей высоте на отдельные замкнутые отсеки простой формы. Конструктивные решения отсеков во время землетрясения должны обеспечивать независимую работу каждого из них. Достигается это устройством антисейсмических швов, которые могут быть совмещены с температурными или осадочными. Антисейсмические швы осуществляются путем установки парных стен, парных колонн или рам, а также путем возведения рамы и стены.

При высоте здания до 5 м ширина такого шва должна быть не менее 3 см. Для зданий большей высоты ширину шва увеличивают на 2 см на каждые 5 м высоты.

В многоэтажных зданиях большую роль на их сейсмостойкость оказывают конструкции междуэтажных перекрытий и покрытий, работающих как диафрагмы жесткости, обеспечивающие распределение сейсмической нагрузки между вертикальными несущими элементами. Сборные железобетонные перекрытия и покрытия зданий должны быть замоноличенными, жесткими в горизонтальной плоскости и соединенными с вертикальными несущими конструкциями.

Боковые грани панелей (плит) перекрытий и покрытий должны иметь шпоночную или рифленую поверхность. Для соединения с антисейсмическим поясом или для связи с элементами каркаса в панелях (плитах) следует предусматривать выпуски арматуры или закладные детали.

Существенное влияние на значения сейсмических нагрузок оказывает масса сооружения. Поэтому при действии сейсмических сил необходимо стремиться к максимально возможному снижению веса конструкций и полученных нагрузок.

Не несущие элементы типа перегородок и заполнений каркаса рекомендуются выполнять легкими, как правило, крупнопанельной или каркасной конструкции и соединять со стенами, колоннами, а при длине более 3 м — и с перекрытиями. В зданиях более пяти этажей не допускается применение перегородок из кирпичной кладки, выполненной вручную. Перегородки из кирпича или камня следует армировать на всю длину не реже, чем через 700 мм по высоте стержнями общим сечением в шве не менее 0,2 кв. см. Допускается выполнять перегородки подвесными с ограничителями перемещений из плоскости панелей.

Каменные здания получают при землетрясениях наибольшие повреждения по сравнению с другими типами зданий современной постройки.

Сейсмостойкость каменных зданий определяется прочностью кирпича и камня, а также зависит от прочности их сцепления с раствором. По действующим нормативным документам рекомендуется несущие кирпичные и каменные стены возводить, как правило, из кирпича или каменных панелей, блоков, изготавливаемых в заводских условиях с применением вибрации, или из кирпичной или каменной кладки на растворах со специальными добавками, повышающими сцепление раствора с кирпичом или камнем.

Для обеспечения сейсмоустойчивости важен выбор места постройки - следует избегать близости к линиям сброса. Также вносятся изменения в фундамент конструкций - создаются «подушки» из бетона или полимерных материалов, благодаря которым здания скользят или «плавают» во время землетрясения и не разламываются по тем линиям, где создается наибольшее напряжение.

Наиболее перспективное направление повышения сейсмоустойчивости – это сейсмоизоляция зданий. Сейсмоизоляция подразумевает отстройку частот колебаний здания от преобладающих частот воздействия. Именно это и обеспечивает снижение механической энергии, получаемой конструкцией от основания.

Специалистами России и зарубежных стран предложены разнообразные устройства систем сейсмоизоляции и гасители энергии колебаний сооружений, а также системы с использованием сплавов, запоминающих объемное состояние, и другие «интеллектуальные» системы.

В мире наблюдаются следующие тенденции: первая - это применение в чистом виде сейсмоизоляции зданий, которая устраивается, как правило, в нижних этажах: резинометаллические опоры самой различной модификации, с низким и высоким демпфированием, с сердечником из свинца и без него, с применением различных материалов. Есть также фрикционные скользящие опоры маятникового типа. И те и другие опоры применяются в мире очень широко.

Второе направление - применение демпфирования (гашения колебаний), которое известно очень давно и постоянно совершенствуется. Для высотного строительства, как правило, используется сочетание: сейсмоизоляцию располагают в нижнем этаже, а по

высоте здания устанавливают демпфирование. Сейчас производители предлагают самые различные демпферы: металлические, жидкостные, есть специальные сплавы с памятью, специальные демпфирующие стены, последние устройства хотя и относительно дорогие, но достаточно эффективные.

Выводы:

1. Ограничение высоты здания в Кыргызстане вызваны направлением, распространением в пространстве и величиной сейсмического воздействия.

2. На территории Кыргызстана повторяемость землетрясений, требующих особого внимания учащенно (5-10 лет), что усиливается оползневыми и селевыми воздействиями.

3. На территории Турции сильные землетрясения регистрируются 1 раз в 100 лет, но движение тектонических плостов (3 см. в 1 год) заставляет строителей при ведении строительства зданий и сооружений учитывать сейсмическое воздействие.

4. Неовые технологии в строительном производстве и строительных материалов позволили увеличить этажность зданий.

5. Для сейсмостойкости зданий применяется сейсмоизоляция зданий, устраиваемая в нижних этажах (резинометаллические опоры с низким и высоким демпфированием, с сердечником из свинца и применением различных материалов, фрикционные скользящие опоры маятникового типа).

6. Для сейсмостойкости зданий применяется демпфирование (гашение колебаний).

7. Для высотного строительства используется сочетание: сейсмоизоляцию располагают в нижнем этаже, а по высоте здания устанавливают демпфирование.

Литература:

1. **Севостьянов, В.В.** Карта сейсмическое микрорайонирование территории г. Москвы для высотного строительства// Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений [Текст] / И.Г. Миндель // М.– 2010, №1, С. 40-43.
2. <http://tihorad.com/novosti/sejsmicheskaya-situaciya-v-turcii/>
3. <http://seismo.kg/ru/karta-sejsmicheskogo-rajonirovaniya-territorii-kyrgyzskoj-respubliki>