

УДК: 699.841

ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ СЕЙСМОСТОЙКОСТИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ И ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

Ким Светлана Геннадьевна

*преподаватель Института гражданской защиты МЧС РУ,
самостоятельный соискатель Академии МЧС РУ*

Аннотация: В данной статье дается обзор существующих на сегодняшний день недостатков в сфере обеспечения сейсмостойкости зданий и сооружений, анализируются традиционные методы и средства защиты зданий и сооружений от сейсмических воздействий, изучаются перспективные направления сейсмоустойчивости.

Ключевые слова: землетрясения, сейсмобезопасность, сейсмоусиление, демпфирование, безопасное строительство.

Abstract: This article gives an overview of the current shortcomings in the field of earthquake resistance of buildings and structures, analyses traditional methods and means of protection of buildings and structures from seismic effects, and studies promising directions of earthquake resistance.

Key words: earthquakes, seismic safety, seismic reinforcement, damping, safe construction.

Введение. Как известно, одним из наиболее страшных природных катастроф являются землетрясения, ведь они уносят десятки и даже сотни тысяч человеческих жизней и вызывают опустошительные разрушения на огромных пространствах. При сильных землетрясениях нарушается целостность грунта, разрушаются здания и сооружения, выводятся из строя коммунально-энергетические сети.

У землетрясений есть предвестники, особенно геофизические, например [форшоки](#). Но предсказать землетрясение на сегодняшний день невозможно, и вряд ли это будет возможным даже в среднесрочной перспективе. Сам процесс землетрясения является очень сложным физическим явлением, трудно поддающимся моделированию и требующим междисциплинарного подхода в его изучении. Между тем, анализ статистики природных стихий, в том числе и сильных землетрясений, говорит о росте их частоты. Это требует разработки максимально эффективных методов моделирования, прогноза и мониторинга сейсмической активности, основанного на достижениях современной физики, геофизики и смежных областей. В развитых странах, таких как Япония, Италия, Греция и США, сотни лабораторий и научных центров работают над этой проблемой, разрабатывая различные междисциплинарные подходы. В XXI веке можно с уверенностью говорить, что сильные землетрясения в крупных городах и в густонаселенных регионах являются угрозой устойчивому развитию. Особую опасность землетрясения представляют в связи с демографическим ростом,

урбанизацией, уплотнением инфраструктур, а также наличием крупных сооружений (гидростанций, промышленных объектов, мостов и высотных зданий) [1].

Узбекистан, как и вся Центральная Азия, является сейсмически активной территорией и находится в зоне повышенного сейсмического риска. Более того, около 80% населения нашей страны живет в зоне сейсмического риска. Многие крупные промышленные объекты расположены в сейсмически опасных зонах Ферганской долины, города Ташкента, Ташкентской и Самаркандской областей.

По прогнозу некоторых экспертов, в ближайшие годы во всех сейсмически опасных регионах мира ожидается рост числа землетрясений, в том числе и сильных. В связи с этим для нашей страны очень актуальным становится вопрос сейсмической защиты, а также разработка эффективных методов раннего предупреждения землетрясений.

Методология исследования. С последних лет прошлого столетия проблема изучения сейсмостойкости зданий и сооружений приобрела научный характер. 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 (СНиП), гарантирующих сейсмостойкость зданий и сооружений в районах с сейсмичностью 7, 8 и 9 баллов.

Сейсмостойкость — характеристика зданий и сооружений, описывающая степень их устойчивости к землетрясениям. Она является важным параметром в сейсмостойком строительстве, разделе гражданского строительства, который специализируется в области поведения зданий и сооружений под сейсмическим воздействием.

Анализ сейсмостойкости основывается на основных принципах динамики сооружений. В течение десятилетий, самым распространенным методом анализа сейсмостойкости являлся метод спектров реакции, который получил свое развитие в настоящее время. Однако спектры реакции хороши лишь для систем с одной степенью свободы. Использование пошагового интегрирования с трехмерными диаграммами сейсмостойкости оказываются более эффективным методом для систем со многими степенями свободы и со значительной нелинейностью в условиях переходного процесса кинематической раскачки.

Сейсмоустойчивость — способность построек и конструкций выдерживать землетрясения с минимальными повреждениями. Сейсмоустойчивость объекта, прежде всего, зависит от его высоты, его веса в целом, конструктивной системы, которая принимает на себя сейсмическое воздействие; сейсмических регионов, где строится объект, включая и микросейсмическую регионализацию, так как в зонах малой сейсмической активности могут существовать геологические разломы, которые могут представлять повышенную геодинамическую опасность отдельных объектов, особенно высотных зданий. 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 сейсмостойчивости — 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 ряда 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 применения 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.

Сейсмостойкость кирпичных и каменных строений повышается с помощью увеличения несущей способности элементов без изменения расчетной схемы или методом введения дополнительных элементов, которые принимают на себя часть сейсмических усилий. В качестве таких методов выступают: металлические или железобетонные обоймы «рубашки», для повышения несущей способности. Шпренгели, связи жесткости, для обеспечения пространственной жесткости здания; одно или двунаправленные внешние армированные углеродными композитными материалами, позволяет и повысить несущую способность и обеспечить необходимую горизонтальную жесткость[3];

Сейсмоусиление надземных конструкций, с применением классических методов, таких как металлоконструкции и железобетонные обоймы, увеличивает вертикальные нагрузки, что приводит к необходимости укрепления фундамента. Углеродные материалы практически невесомы, не утяжеляют существующие конструкции. Для увеличения сейсмостойкости каркасных зданий используются два метода: поэлементное усиление несущих конструкций; полное усиление здания.

Метод поэлементного усиления отдельных конструкций заключается в укреплении колонн, ригелей, дисков перекрытий и пр. с помощью рубашки, металлических и железобетонных обойм.

Метод полного усиления зданий предполагает введение дополнительных элементов: диафрагм жесткости, крестовых связей, порталов из железобетона и металла.

Также расчетные сейсмические нагрузки уменьшаются с помощью снижения массы здания путем замены некоторых элементов конструкции: тяжелого утеплителя на легкий и эффективный; железобетонных плит покрытия и подвесного потолка на стальной профнастил; демонтаж верхних этажей.

Выбирая способ сейсмического усиления конструкции, необходимо руководствоваться общими принципами проектирования объектов в сейсмических районах. Усилия в несущих строительных конструкциях определяются на основании расчетов зданий на действие расчетных сейсмических нагрузок в соответствии с требованиями СНиП и с использованием специализированных компьютерных расчетных программ. Сюда входят классические способы укрепления: устройство железобетонных рубашек; торкретирование; установка металлических обоев.

Профессор Университета Колорадо Роджер Билхэм опубликовал свой доклад, в котором говорилось, что при современном росте урбанизации и увеличении населения к середине XXI века потребуется более миллиарда жилых строений, а человечество столкнется с новым оружием массового уничтожения — таким оружием станет... обыкновенный жилой дом. Объясняя свой парадоксальный вывод, ученый ссылается на то, что власти и архитекторы не уделяли и не будут в будущем уделять должного внимания возведению сейсмоустойчивых зданий, а также укреплению уже имеющихся. Причина банальна — для строительства таких зданий требуются существенно большие затраты[5].

Развитие современной механики и вытекающих из нее строительных наук позволяет рассчитывать здания и сооружения на сейсмические воздействия на основе строительных норм и правил. Однако нормативные методы расчета на сейсмические воздействия гидротехнических сооружений, подземных коммуникаций, путепроводов, наземных сооружений, откосов, склонов и других сооружений проводятся на основе одномерных моделей, не в полной мере отражающих пространственное поведение конструкций при динамических воздействиях, не учитывают неоднородность материала сооружения, взаимодействие элементов конструкции.

Тем не менее, с развитием науки на практике используются различные композиционные материалы, явно отражающие анизотропию материала.

В теории и практике сейсмостойкого строительства расчеты и теоретические идеи должны быть проверены с помощью опытных испытаний в большом масштабе. Это международно-признанный метод обеспечения сейсмостойкости зданий и сооружений и безопасности населения.

Сейсмические воздействия на сооружения связаны с колебаниями грунта, и этот процесс характеризуется взаимодействием сооружений с грунтом, а также рядом других особенностей. Интенсивность землетрясения зависит от количества энергии, выделяемой из эпицентра землетрясения, строения окружающей среды и грунтовых условий, упругих свойств среды, динамических свойств сооружения (удельный период колебаний, плотность и др.).

Одной из наиболее распространенных схем расчета наземных сооружений является многомассовая консольно-стержневая схема. Как процесс учета пространственных

колебаний конструкции проявляется колебание системы, состоящей из нескольких соединенных на определенной широте накопленных масс. Кроме того, существуют также балочные модели конструкций, работающих на изгибных колебаниях[2,4].

Анализ и результаты. Анализ структурных повреждений и разрушений зданий в результате сильного землетрясения показывает, что в методах расчета и моделировании имеются различные недостатки.

Изучение вышеуказанных вопросов связано с наблюдением за разрушениями и повреждениями зданий и сооружений в результате воздействия сильного землетрясения. При сейсмических явлениях, когда удельная частота колебаний конструкции равна частоте нагрузок, может возникнуть резонансный режим, который приводит к повреждению конструкции. Поэтому учет реакции здания на сейсмические воздействия при таких ограничениях является важным аспектом обеспечения сейсмостойкости зданий и сооружений.

Исследование динамического напряженно-деформированного состояния конструкции с использованием пространственных расчетных моделей позволяет учитывать пространственное состояние конструкции, особенности конструктивных решений, взаимодействие конструктивных элементов, ослабление несущих конструкций и ее неоднородность.

Исследование напряженно-деформированного состояния и динамического поведения гидротехнических сооружений при различных видах нагрузок (статических, динамических или сейсмических) осуществляется с использованием моделей расчета плоских и пространственных задач. Кроме того, при определении прочности и устойчивости грунтовой плотины необходимо будет учитывать фильтрационные свойства грунта, играющие основную роль в обеспечении устойчивости откосов.

Не в полной мере проводятся комплексные исследования, включающие в себя сейсмическое микрорайонирование, испытание строительных материалов и макетов зданий на сейсмостойкость. К сожалению, в нашей стране из-за отсутствия необходимого современного оборудования и специалистов, умеющих работать с таким оборудованием, эти исследования практически не проводятся.

На сегодняшний день большой проблемой остается индивидуальное строительство жилых домов в сельских местностях, которые не отвечают нормам по сейсмостойкости. При сильных землетрясениях конструкции многих частных домов, построенных самими гражданами и неквалифицированными рабочими, могут быть повреждены или разрушены. Стоит отметить, что индивидуальные сельские дома, которые по линии государства активно застраиваются на протяжении последних лет, полностью отвечают требованиям всех норм, в том числе, сейсмических. Однако количество таких домов не удовлетворяет спрос и потребности населения.

Также стоит отметить, что за последние 20-25 лет строительная палитра возведенных и возводимых гражданских зданий, как в городе, так и в сельской местности, резко изменялась: появились новые строительные материалы, конструктивные системы, ранее не применяемые в строительстве. И сейсмостойкость этих зданий в основном подтверждается лишь расчетными предпосылками, то есть они

не проходят экспериментальные испытания, как этого требуют национальные нормы проектирования в сейсмических районах применительно к новым конструктивным типам зданий.

Заключение и предложения.

На основании изложенного выше, можно сделать следующие выводы. На современном этапе проблема защиты зданий и сооружений от сейсмических воздействий является чрезвычайно важной задачей. Правильное применение метода сейсмозащиты при проектировании и строительстве зданий и сооружений может значительно повысить такие характеристики как, надежность зданий, безопасность и надежность оборудования, экономическая эффективность зданий, нет необходимости в ремонте после разрушительных землетрясений, комфорт и удобство для жителей. В последние два-три десятилетия внимание мировой науки к проблеме обеспечения сейсмостойкости конструкций, в том числе с применением нетрадиционных методов, значительно возросло, опубликованы десятки статей и докладов теоретического и экспериментального характера, проводятся международные конференции, по результатам которых основными направлениями реформ в области обеспечения сейсмостойкости зданий и сооружений явилось:

-принятие необходимых мер по обеспечению сейсмостойкости сооружений индивидуальной застройки;

-определение необходимых мер по повышению уровня информированности населения в обеспечении сейсмостойкости;

-внедрение экспресс-методов по определению сейсмостойкости зданий;

-осуществление постоянного мониторинга сейсмостойкости крупных зданий и сооружений государственного значения и формирование единой электронной базы для их оперативного, простого и экономичного метода мониторинга;

-внедрение системы радиолокационного космического мониторинга для выявления таких факторов, как деформация, смещение, оседание площади расположенных в сейсмоактивных зонах зданий и сооружений, вызванных землетрясениями;

-создание системы постоянного космического мониторинга уровня сейсмостойкости плотин водохранилищ;

-решение задач по обеспечению сейсмостойкости зданий и сооружений путем интеграции новейших компьютерных программных обеспечений в базу местных нормативных актов.

Также целесообразно принять следующие меры, возможно, посредством специального постановления правительства:

1. Внедрить специальную программу по подготовке специалистов.

2. Создать специальный центр по оценке сейсмостойкости сооружений, оснащенный современным оборудованием. Этот центр занимался бы сертификацией строящихся сооружений, мониторингом и оценкой сейсмостойкости существующих сооружений, прежде всего, жилых. Данный центр должен также заниматься микрорайонированием тех территорий, где будут построены жилые здания и инфраструктурные объекты.

3. Создание по всей республике современной сети сейсмических станций, оснащенных современными сейсмометрами и способных осуществлять высокоточный мониторинг сейсмической активности нашего региона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Айзенберг Я.М. Сооружения с выключающимися связями для сейсмических районов. М.: Стройиздат, 2001. 229 с.
2. Алексин П.А., Грайзер В.М., Плетнев К.Г., Штейнберг В.В., Зайнутдинов К.С. Колебания грунта при сильных Газлийских землетрясениях 1976года. Сейсмостойкое строительство, 2003, вып. 2, с.5-11.
3. Алексидзе М.А. Решение некоторых основных прямых и обратных задач сейсмологии. -Тбилиси: Мецниереба, 2011. 429 с.
4. Ашкинадзе Г.Н. Исследование линейных и нелинейных колебаний зданий. В кн: Вибрационные испытания зданий. -М.: Стройиздат, 2011, с.25.
5. Кириков Б.А., Золотов А.Б. Расчет конструкций зданий как пространственных систем по записям землетрясений. Сейсмостойкое строительство, 2012, вып. 5, с.54-59.