

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОГО СЕЙСМОСТОЙКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ В КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ

Бул макалада Кыргыз Республикасында курулуп жаткан көп кабаттуу имараттардын бекемдигин камсыздоо каралат. Жогорудагы маселелерди чечүүдө инженердик көз караш жана ойлор, zilзалага эсептик нормативтерди реалдаштыруу тууралуу маалыматтар берилген.

Настоящая статья рассматривает проблемы обеспечения надежности зданий повышенной этажности, возводимых на территориях Кыргызской Республики. В статье приведены инженерные подходы и мысли о решении проблем по обеспечению надежности зданий повышенной этажности. Даны необходимые сведения о реализации нормированию расчетных сейсмических нагрузок на здания повышенной этажности.

The present article considers problems of ensuring reliability of buildings of the raised number of storeys built in territories of the Kyrgyz Republic. Engineering approaches and thoughts of the solution of problems are given in article on ensuring reliability of buildings of the raised number of storeys. Necessary information on realization to rationing of settlement seismic loads of buildings of the raised number of storeys is supplied.

В Кыргызстане за последние 8 лет наблюдается устойчивый рост строительства. По данным Нацстаткома, за последние шесть месяцев в Кыргызстане построено более четырех тысяч квартир и частных домов. В настоящее время наблюдается стремление к резкому увеличению высоты (этажности) зданий, возводимых в сейсмически активных районах. За последние несколько лет в г. Бишкеке и г. Оше, расположенных в районе сейсмичностью 8-9 баллов, было построено несколько десятков 12-25 этажных зданий; планируется проектирование 30-40 этажных зданий. Аналогичная картина наблюдается и в некоторых других странах СНГ (например, в России и Украине).

Проектирование и строительство в сейсмически опасных районах зданий повышенной этажности представляет собой сложную инженерную задачу: здания должны быть сейсмоустойчивыми, оснащены автоматикой, системой сигнализации, оповещения, управления эвакуацией, автоматического тушения, системой противодымной вентиляции, дымоудаления. Всё это возможно только при наличии соответствующей нормативной базы, а также специального технического и технологического обеспечения. Однако на сегодняшний день в Кыргызстане нет конкретных нормативных баз именно по высотным зданиям.

Территория Кыргызской Республики принадлежит к числу наиболее активных в сейсмическом отношении регионов на планете, где происходит (до 1500 толчков в год) и будут происходить землетрясения различной силы. По данным МЧС, 65 % территории республики подвержены 9 бальному сейсмическому воздействию, 34,5 % - 8 бальной и только 0,5 % - 7 и ниже бальному воздействию.

Одним из основных вопросов, возникающих при проектировании зданий повышенной этажности, является вопрос учета их ответственности при назначении величин расчетных сейсмических нагрузок.

По данному вопросу у специалистов разных стран существуют различные мнения. Одно из мнений основывается на том, что административные и жилые здания повышенной этажности являются обычными сооружениями, не относящимися к объектам, функционирование которых необходимо при ликвидации последствий землетрясений или

повреждения которых способны вызвать опасные экологические последствия. Исходя из этого мнения расчетные сейсмические нагрузки на здания малой, средней и повышенной этажности следует определять по единой нормативной методике без применения каких-либо поправочных коэффициентов, зависящих от высоты зданий.

Согласно другому мнению - здания повышенной этажности относятся к уникальным объектам, эксплуатация которых связана с длительным скоплением большого количества людей, срочная эвакуация которых затруднена, что способна вызвать тяжелые социальные и экономические последствия при сильных землетрясениях. В соответствии с этим мнением величины расчетных сейсмических нагрузок на здания должны назначаться в зависимости от их высоты.

Первое мнение нашло свое отражение в нормах некоторых зарубежных стран (например, США), а второе - в нормах ряда стран СНГ.

Столь кардинальные различия в нормативных подходах к расчету зданий повышенной этажности вполне объяснимы. Значительный опыт проектирования, строительства и эксплуатации зданий повышенной этажности в сейсмических районах, накопленный развитыми зарубежными странами, позволил им создать взаимосвязанные нормативные системы расчетных положений и конструктивных требований, позволяющие при должном контроле качества строительства добиться приемлемой (с позиций принятых в нормах допусений) сейсмобезопасности возводимых объектов.

Отсутствие в этих системах коэффициентов, регулирующих расчетные сейсмические нагрузки на здания в зависимости от их высоты, отчасти компенсируется коэффициентами иного рода, например, фигурирующими в расчетных сочетаниях нагрузок, а также специальными конструктивными требованиями, предъявляемыми к несущим конструкциям.

Бытующее мнение, что в зарубежных странах строительство зданий осуществляется без каких-либо ограничений по высоте, ошибочно. Согласно *Uniform Building Code* (1997 г.), основному документу, по которому ведется проектирование в сейсмических районах США, высота большинства конструктивных систем, возводимых в районах подверженных сильным землетрясениям не должна превышать 48,8 м. Здания большей высоты, *вне зависимости от результатов их расчетов*, имеют специальные конструктивные решения наиболее ответственных несущих элементов или проектируются в виде специальных конструктивных систем, обладающих, в сравнении с обычными системами, повышенными резервами прочности и способности к развитию пластических деформаций.

Рекомендации по обеспечению сейсмостойкости зданий повышенной этажности, содержащиеся в современных нормах зарубежных стран, хотя и не дают ответов на все актуальные вопросы, безусловно, содержат полезную информацию, которую целесообразно учитывать в отечественной практике проектирования. Наряду с этим, зарубежные нормы не следует идеализировать. Даже самые передовые на сегодняшний день нормы являются всего лишь развивающимися по времени документами, основанными на ограниченном объеме инструментальных и эмпирических данных. Сказанное подтверждается тем, что после сильных землетрясений последних лет (например, США, 1994 г. и Япония, 2011г.) мнения зарубежных специалистов о сейсмостойкости некоторых конструктивных систем существенно изменились и нормы многих стран (в том числе, США и Японии) были существенно переработаны.

Более того, проведенный анализ показал, что прямой перенос некоторых расчетных положений зарубежных норм в национальные нормы стран СНГ, без соответствующей корректировки этих положений с учетом методологических основ специализированных СНиП ("Нагрузки и воздействия", "Железобетонные конструкции", "Стальные конструкции" и др.), способен вызывать серьезные негативные последствия и нарушать сложившуюся в странах СНГ систему обеспечения сейсмостойкости зданий.

Следует помнить, что национальные нормы всех стран СНГ по сейсмостойкому строительству, хотя и имеют между собой некоторые значимые различия, сформировались в основном на базе результатов экспериментальных исследований и данных о поведении при сильных землетрясениях зданий малой и средней этажности. Специальные конструктивные мероприятия, необходимые для обеспечения требуемой способности зданий повышенной этажности к развитию пластических деформаций и к рассеиванию энергии сейсмических колебаний, регламентированы в них, по меньшей мере, в недостаточном объеме.

Компенсировать этот недостаток национальных норм стран СНГ можно либо включением в них соответствующих положений, регламентирующих специальные конструктивные мероприятия (обеспечивающие стабильность знакопеременного деформирования несущих элементов, допускающие возможность пластического перераспределения между ними усилий и предотвращающие чрезмерную деградацию их жесткости и прочности), либо увеличением расчетных значений сейсмических нагрузок.

Правомерность этого вывода подтверждается современными зарубежными нормами, согласно которым здания, проектируемые без специальных конструктивных мероприятий, рассчитываются на сейсмические нагрузки в 1,5-2 раза большие, чем здания со специальными конструктивными мероприятиями.

Целесообразность увеличения расчетных сейсмических нагрузок на здания по мере увеличения числа их этажей может быть обоснована и иными соображениями.

Инструментальные данные о движениях грунтов при сильных землетрясениях и результаты экспериментальных исследований последних лет свидетельствуют о следующем:

- нормативные расчетные модели сейсмического воздействия, применяемые для определения расчетных сейсмических нагрузок на здания, обладают довольно низкой обеспеченностью; так, например, по данным [1] графики коэффициентов динамичности, приведенные в проекте МСН СНГ [9], имеют вероятность не превышения 0,5;
- гибкие здания повышенной этажности, до возникновения в их элементах существенных пластических деформаций, обладают значительно меньшей диссипативной способностью, чем здания малой и средней этажности;
- вертикальные несущие конструкции нижних ярусов зданий повышенной этажности, перегруженные вертикальными статическими нагрузками, не могут обладать такой же способностью к развитию пластических деформаций (если при их проектировании не применялись специальные конструктивные решения), как здания малой и средней этажности [2-4];
- здания повышенной этажности, возводимые в районах с высокой сейсмичностью, обладают меньшими резервами несущей способности по отношению к расчетным сейсмическим нагрузкам, чем здания малой и средней этажности [5];
- в соответствии с результатами экспериментальных исследований расчетные значения периодов собственных колебаний зданий повышенной этажности, как правило, существенно больше, чем действительные значения; в большей степени сказанное относится к каркасным зданиям, в меньшей - к стеновым.

Согласно положениям проекта новой редакции МСН СНГ "Строительство в сейсмических районах", оценки сейсмической опасности территорий и *не содержащей специальные конструктивные требования к проектированию зданий повышенной этажности*, расчетные сейсмические нагрузки на здания высотой более 5 этажей следует определять с учетом коэффициента этажности, значения которого следует определять по формуле:

$$K_3 = 1,0 + 0,06(p-5), 1 \leq K_3 \leq K_{3 \max},$$

где: p - количество этажей в здании (кроме этажей, расположенных ниже планировочной отметки, цокольных, мансардных и верхних технических);

K_{3max} - максимальное значение коэффициента K_3 , принимаемое: для зданий стеновых и каркасно-стеновых конструктивных систем - 1,8; для зданий других конструктивных систем (в т.ч., рамных, рамно-связевых, связевых) - 2.

Вибродинамические испытания нескольких зданий повышенной этажности (12-25 этажей), хотя и свидетельствуют об их достаточно высокой сейсмостойкости, не дают оснований для радикального снижения расчетных сейсмических нагрузок.

Подход к определению расчетных сейсмических нагрузок на здания повышенной этажности, принятый в МСН СНГ, подобен принятому в СНиП II-7-81, введенному в действие в 1982 году. В комментариях к этому нормативному документу С.В.Поляков указывал [6]: "Этим учитывается, что с возрастанием вертикальных нагрузок, являющихся следствием увеличения числа этажей, повышается опасность хрупкого разрушения конструкций. Это особенно возможно при малых величинах β , где его величина достигает уровня β_{max} ".

Специалисты Японии, осуществляющие проектирование зданий повышенной этажности, отмечают следующее (Kenchgijutsu. 1984, N 2 (390)): "При расчете высотных зданий вводится коэффициент надежности 2,0. Величина этого коэффициента назначена с учетом того, что в Японии нет еще достаточного опыта по строительству высотных зданий и, что в этих зданиях может находиться большое количество людей". Вряд ли можно считать, что в середине 1980-х годов специалисты Японии имели существенно меньший опыт проектирования и строительства зданий повышенной этажности, чем специалисты стран СНГ в настоящее время.

Действующие нормы России (СНиП II-7-81 *) и проект норм Украины (ДБН В.1.1-...-2005) содержат по три карты сейсмического районирования их территорий (А, В и С), составленные с учетом различных расчетных периодов повторяемости землетрясений (1 раз в 500, 1000 и 5000 лет соответственно). Как следствие, в этих нормах предусмотрен иной подход к нормированию расчетных сейсмических нагрузок на здания повышенной этажности.

В соответствии с положениями норм России и проекта норм Украины, картами А следует пользоваться при проектировании зданий массовой застройки, а картами В - при проектировании объектов повышенной ответственности и особо ответственных объектов. В нормах России к последним были отнесены здания высотой более 16 этажей, а в проекте норм Украины - здания высотой более 9 этажей. Указанная методика оценки сейсмической опасности районов строительства при проектировании зданий была подвергнута справедливой критике в работах Я.М.Айзенберга [7].

Было бы ошибочным предполагать, что нормативные расчеты несущих конструкций, основная цель которых ограничение вероятности разрушений зданий, являются единственным и достаточным условием ограничения социальных и экономических последствий землетрясений до приемлемого уровня. В соответствии с положениями всех современных нормативных документов, горизонтальные деформации (перекосы) этажей зданий, для предотвращения разрушения ненесущих конструкций (стенового заполнения, перегородок, витражей и других элементов подобного типа) и для предотвращения развития в несущих конструкциях чрезмерных пластических деформаций, также следует ограничивать. Количественное нормирование этих ограничений должно основываться как на учете возможности увечья и гибели людей при падении частей поврежденных ненесущих конструкций, так и на экономических соображениях.

К настоящему времени неясно, насколько правомерно при расчете несущей способности железобетонных и стальных конструкций зданий повышенной этажности, имеющих расчетные значения собственных периодов колебаний по основному тону 3-4 с, применять нормативные значения коэффициентов условий работы, имеющие значения более 1,0. По мнению Н.Ньюмарка и Э.Розенблюэта (США, Мексика) разница в пределах текучести стали при статическом и динамическом нагрузках, из-за концентрации

напряжений и достаточно высоких остаточных напряжений, наблюдающихся в действительности, имеет в основном теоретический интерес.

Серьезной ревизии требуют некоторые устоявшиеся положения действующих норм, касающиеся вопросов выбора наиболее целесообразных конструктивных систем зданий, их конфигураций, способов обеспечения устойчивости при сейсмических воздействиях (в том числе, за счет развития в плане их подземных частей), учета в расчетах влияния вертикальных сейсмических нагрузок и действительных диссипативных свойств зданий.

Сказанное выше не исчерпывает всех проблем, возникающих при проектировании зданий повышенной этажности.

Учитывая существующие проблемы и неясности, перед учеными, инженерами и строителями стоит задача разработки национальных строительных норм Кыргызской Республики, предусматривающих проектирование зданий повышенной этажности. Строительство зданий повышенной этажности до накопления необходимых экспериментальных данных и до разработки соответствующих нормативных документов, следует осуществлять при участии специализированных научно-исследовательских организаций. Отметим, что аналогичная практика предусмотрена документами, определяющими правила применения СНиП II-7-81.

Опыт последних лет показал, что вклад научно-исследовательских организаций в процесс проектирования зданий повышенной этажности является наиболее действенным в тех случаях, когда он выражается в форме специальных технических условий, составляемых в развитии действующих норм и содержащих адресные требования к конструктивным решениям проектируемого объекта.

Наличие специальных технических условий позволяет:

- в обоснованных случаях отступать от некоторых положений действующих норм, если их формальное соблюдение препятствует обеспечению требуемой сейсмостойкости зданий повышенной этажности;
- согласовывать уровни расчетных сейсмических нагрузок, принимаемые при проектировании зданий повышенной этажности, с их конструктивными решениями (при наличии соответствующих оснований, снижать уровни расчетных сейсмических нагрузок);
- постепенно накапливать опыт проектирования, строительства, эксплуатации и экспериментальных данных.
- защита сейсмоопасных территорий от недоброкачественной продукции (услуг), подтверждение пригодности технологий и конструкций.

Заключение

Отличительной особенностью современного этапа развития высотного домостроения в сейсмических районах Кыргызской Республики является практически полное отсутствие соответствующей нормативной базы и, зачастую, недостаточное техническое и технологическое обеспечение. В этих условиях, любая обоснованная осторожность, проявляемая при проектировании зданий повышенной этажности, не представляется нам излишней.

Нормативная база сейсмостойкого строительства зданий повышенной этажности должна основываться на дифференцированном подходе к нормированию расчетных сейсмических нагрузок, учитывающих как неопределенность сейсмологической ситуации на площадке строительства и условность применяемых расчетных моделей, так и особенности специальных конструктивных решений, принимаемых при проектировании зданий.

Список литературы

1. Ицков И.Е. О графиках (Т), приведенных в проекте международных строительных норм СНГ "Строительство в сейсмических районах" [текст] И.Е. Ицков // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. - 2003. - № 4. - с.58-63.
2. Айзенберг Я.М. Деформационные критерии сейсмостойкости железобетонных конструкций [текст] / Я.М. Айзенберг // Сейсмостойкое строительство. - 1995. - вып.4.
3. Хачиян Э.Е., Об ограничениях величин осевых нормальных напряжений от постоянных нагрузок при расчетах железобетонных конструкций на сейсмические воздействия [текст] / Э.Е. Хачиян, П.А. Тер-Петросян // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. - 1999. - № 5. - с.13-17.
4. Кулыгин Ю.С. Влияние вертикальных сжимающих усилий на сейсмостойкость колонн железобетонных каркасных зданий [текст] / Ю.С. Кулыгин, В.И. Фетисова // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. - 2003. - № 5. - с.6-10.
5. Ицков И.Е. Проблемы нормирования расчетных сейсмических нагрузок на крупнопанельные и объемно-блочные здания. [текст] / И.Е. Ицков // Сейсмостойкое строительство. - 1997. - вып.3 . - с.13-19.
6. Поляков С.В. Сейсмостойкие конструкции зданий [текст] / С.В. Поляков. - М.: 1983. - с. 246-247.
7. Айзенберг Я.М. Сейсмическое зонирование для строительных норм. [текст] / Я.М. Айзенберг // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. - 2000. - № 6. - с.40-43.
8. ГОСТ 27751-88. Надежность строительных конструкций и оснований.
9. МСН. СНГ. «Строительство в сейсмических районах» (проект) // МНТКС.: 2003г.