

УДК 699.841

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ СЕЙСМОБЕЗОПАСНОСТИ СООРУЖЕНИЙ

М.Ч. Апсеметов, Т.Ж. Жунусов

Приведены основные направления сейсмобезопасности сооружений и пути их решения.

Ключевые слова: землетрясения сейсмостойкое строительство; прогноз; магнитуда; интенсивность; высотное здание; индивидуальное жилищное строительство.

CONTEMPORARY ISSUES SEISMIC SAFETY OF STRUCTURES

M.Ch. Apsemetov, T.J. Zhunusov

The article presents the main directions of the seismic safety of structures and ways of their solution.

Keywords: earthquake engineering; forecast; magnitude; intensity; high-rise building; individual housing construction.

Глобальный обзор реакций человека на стихийные бедствия свидетельствует, что землетрясения по своим последствиям занимают третье место после тропических циклонов и наводнений. Землетрясение – главнейшее стихийное бедствие в Республике Казахстан и Кыргызской Республике. Стихийные бедствия связаны с экстремальными событиями, которые, как правило, превосходят обычную способность социальной системы отражать, поглощать или смягчать их. Экстремальным событием считается любое событие в геофизической системе. Стихийным бедствием обычно называется быстро (а чаще всего, внезапно) возникающая локальная ситуация. При этом всегда имеет место неблагоприятное сочетание трех факторов: экстремальное геофизическое событие (очаг катастрофы); какое-либо воздействие поверхности земли (фактор поражения); неспособность населения со всеми его общественными структурами в достаточной степени противостоять данному воздействию (уязвимость). Возможность свести к минимуму ущерб от стихийного воздействия зависит от того, насколько мы в состоянии влиять на любой из трех компонентов. Такое влияние предусматривается современной наукой на уровне прогноза и защиты.

Прогноз. Обостренный общественный интерес к прогнозу стихийных бедствий понятен. Для прогноза землетрясения необходимо знание свойств очага, но, насколько нам известно, никаких особых требований к изучению поражающе-

го фактора и уязвимости прогноз не выдвигает. Успех прогноза стихийных бедствий сегодня зависит от возможности обнаружить процесс подготовки еще не проявившего себя очага и оценить время его пробуждения, то есть предсказать время наступления геофизического события. Например, в случае тайфунов, очаг которых обычно формируется в океане, зная их путь и скорость, практически можно спрогнозировать приход тайфуна к побережью. Однако для землетрясений, извержений вулканов, оползней определение момента действия очага настолько затруднено, что сводит на нет возможность достоверного прогноза.

В каких-то случаях сейсмологи, имея необходимую систему и длинный ряд предшествующих наблюдений, возможно, могут предсказать момент землетрясения, в других – нет. Прогрепевший на весь мир успех сейсмологов КНР в предсказании Хайченского землетрясения 4 февраля 1975 г., когда в отсутствие прогноза неизбежно должны были погибнуть не менее 30000 жителей, разумеется, результат удачного прогноза и хорошо организованной работы специалистов. При этом, однако, в городе было разрушено до 90 % строений. В том же Китае при непредсказанном Таньшенском землетрясении 28 июля 1976 года погибло около 0,5 млн человек.

Можно сказать, что и сейсмология и сейсмостойкое строительство – науки, требующие особого подхода и внимания со стороны государства. Одному из авторов (Т.Ж. Жунусову) приходилось

принимать непосредственное участие в обследовании последствий двух катастрофических землетрясений с одинаковой магнитудой 7,0 и 7,1, произошедших в Северной Армении 7 декабря 1988 г. (Спитак-88) и в Северной Калифорнии (США) 17 октября 1989 г. (Лома-Приета-89).

Печальная статистика. В Северной Армении погибло более 25000 человек, в Северной Калифорнии – около 70 человек, а материальный ущерб был оценен в первом случае более 13 млрд руб. и во втором – более 10 млрд долл. по ценам того периода. Заметим, что в оценке размеров ущерба между специалистами б. СССР и США существовал различный подход. Американцы при определении ущерба, кроме физического, принимают во внимание функциональный и косвенный ущерб. Функциональный ущерб включает в себя психологические стрессы и нарушение привычного жизненного уклада, вызванного функциональным расстройством элементов городского комфорта. Под косвенным ущербом подразумевают потерю занятости населения.

Проблемам предсказания землетрясений исключительно серьезное внимание уделялось в Японии, США, б. СССР и в ряде других стран. Вместе с тем, пока еще механизмы прогнозирования землетрясений науке недоступны, поскольку знаний о природе землетрясений явно недостаточно. Как известно, японцы с определенным успехом использовали систему оповещения, основанную на частоте микросейсмических колебаний. Однако успех этой системы предсказания определяется величиной заблаговременности, то есть отрезком времени до начала события землетрясения, поэтому японская система не позволяет достаточно четко установить время, место и интенсивность землетрясения. За эти годы японцы не смогли предсказать у себя 6 сильных землетрясений.

Краткие сведения о прогнозе землетрясения можно закончить словами известного новозеландского сейсмолога Дж. А. Эйби. “Каковы бы ни были перспективы прогноза или контроля, очевидно, что число жертв при землетрясениях и экологические потери могут быть существенно уменьшены, если специалисты направят свою изобретательность и труд в первую очередь на разработку более надежных строительных нормативов и создания более совершенных строительных конструкций” [1].

Защита. Международная долгосрочная программа сейсмостойкого строительства ставит своей целью снизить опасность разрушения строительных конструкций путем проектирования зданий и сооружений, способных противостоять землетрясениям. Сейсмостойкостью называется

способность несущих конструкций не разрушаться и не опрокидываться при действии на них, кроме обычных нагрузок, сейсмических сил, возникающих при землетрясениях расчетной интенсивности. Сейсмостойкость обеспечивается за счет высокого качества строительно-монтажных работ, применения оптимальных объемно-планировочных и конструктивных решений и обоснованного расчета сооружения. Это требует проведения исследований для накопления необходимых знаний и развития надежных и применимых на практике методов расчета и проектирования, а также повышения уровня сейсмостойкого строительства в целом для обеспечения безопасности населения. Для предотвращения гибели людей и уменьшения размеров ущерба при сильных и разрушительных землетрясениях необходимо, прежде всего, совершенствовать действующие и разработать новые строительные нормы и правила с учетом достоверных результатов научных исследований, инженерного анализа последствий сильных землетрясений и накопленного опыта проектирования зданий и сооружений для строительства в сейсмических районах.

В Республике Казахстан действуют строительные нормы “Строительство в сейсмических районах” СНиП РК 2.03-30-06, а Кыргызской Республике СНиП КР 20-02:2009 “Сейсмостойкое строительство”, разработанные взамен строительных норм б. СССР СНиП II-7-81*, которые ориентированы на более высокий уровень обеспечения сохранности зданий при сильных землетрясениях. Эти две нормы в основном практически совпадают [2, 3].

Для нормирования расчетных нагрузок в СНиП РК В.1.2-4-98 впервые в мировой практике были использованы инструментальные записи колебаний реальных зданий при землетрясениях [4]. По нормам Республики Казахстан расчетные сейсмические нагрузки на современные здания жестких конструктивных схем (например, крупнопанельных и др.) остались практически без изменения, то есть такими же, как и в нормах б. СССР. В то же время для гибких и относительно гибких зданий (как правило, каркасных), а также для зданий, конструктивные решения которых отрицательно зарекомендовали себя при землетрясениях (например, здания с первым “гибким” этажом), расчетные сейсмические нагрузки значительно возрастают (до 1,5÷2,5 раз). Важнейшей отличительной особенностью строительных норм и правил Республики Казахстан является наличие раздела, содержащего требования, направленные на обеспечение сейсμβезопасности зданий существующей застройки. Конкретизированы критерии, позволяющие оценить потенциальную

сейсмоопасность существующих зданий и регламентировать процесс принятия решения о целесообразности и необходимости их усиления. Достоинствами новых строительных норм Республики Казахстан и Кыргызской Республики является то, что в них содержатся требования к проектированию зданий и сооружений для строительства на участках сейсмичностью более 9 баллов. Таких рекомендаций в нормах стран СНГ и зарубежных нет.

В настоящее время особо актуальной проблемой обеспечения безопасности населения и сохранности материальных ценностей является повышение уровня сейсмобезопасности и надежности зданий и сооружений существующей застройки [5].

Работы по оценке сейсмостойкости зданий городской застройки г. Алматы были начаты в 1966 г. после известного Ташкентского землетрясения.

Под руководством Т. Ж. Жунусова в 1977–1978 гг. Институтом КазпромстройНИИпроект (ныне КазНИИССА) была проведена паспортизация зданий отдельных участков существующей застройки. По результатам этой работы впервые в б. СССР была разработана классификация зданий города Алматы по их сейсмобезопасности. Эта классификация была включена в состав республиканских строительных норм “РСН 10-83”, впервые разработанных на территории б. СССР. На основании этой классификации произведено обследование застройки и составлены карты-схемы участков городской территории с нанесением на них всех существующих зданий с указанием их категории по степени сейсмостойкости. Результаты этой работы были использованы для оценки возможного ущерба и при определении участков первоочередного сноса, в которых было выявлено наибольшее число сейсмоопасных зданий. Скорректированная классификация зданий существующей застройки по степени их сейсмостойкости была опубликована в 1989 г. в качестве приложения к Методическим рекомендациям по паспортизации зданий существующей застройки г. Алматы и др. населенных пунктов, расположенных в сейсмоопасных регионах Казахской ССР.

В сейсмических районах Республики Казахстан и во всех районах Кыргызской Республики наибольшую опасность представляют несейсмостойкие здания и сооружения существующей застройки городов и населенных пунктов. Поэтому, несмотря на кризисное состояние экономики, необходимо последовательное проведение работ по восстановлению и усилению несейсмостойких объектов, в первую очередь зданий школ, детских учреждений и здравоохранения, а также объектов, надежное функционирование которых необходимо

как во время землетрясения, так и при ликвидации его последствий.

Следует различать два основных метода восстановления и усиления: без изменения расчетной схемы здания и с изменением ее. К первому методу можно отнести поэлементное усиление, предполагающее проведение мероприятий по повышению прочности или устойчивости отдельно взятых элементов. Данный метод основан на применении обойм, рубашек, затяжек, наращиваний, обжатия предварительно напряженной арматурой, инъецирование трещин. Усиление с изменением расчетной схемы предполагает устройство дополнительных элементов или связей, воспринимающих часть нагрузок, действующих на здание и разгружающих остальные конструкции. Для этого в каркасных зданиях устанавливают вертикальные связи между колоннами, в зданиях жестких конструктивных схем часть перегородок превращают в диафрагмы жесткости, устраивают пилоны в плоскости стен, вводят дополнительные рамы и диафрагмы. К изменению расчетной схемы здания можно также отнести прием, при котором выполняют демонтаж одного или нескольких этажей здания и, таким образом, снижают сейсмические нагрузки на него. В особых случаях меняют функциональное назначение здания и переводят его в разряд зданий, антисейсмические требования к которым либо понижены, либо вообще отсутствуют.

В целом, способы усиления весьма разнообразны, обладают как положительными, так и отрицательными свойствами, в связи с чем, принятие решения о применении того или иного способа должно приниматься высококвалифицированными специалистами.

Конкретные способы усиления зданий и сооружений принимаются в зависимости от их конструктивных решений, функционального назначения, материалов несущих конструкций и других факторов.

По техническому уровню сейсмостойкого строительства г. Алматы по праву занимает ведущее место среди городов б. СССР, расположенных в зоне высокой сейсмической опасности.

В начале 60-х годов прошлого века в г. Алматы было построено здание Алматинского хлопчатобумажного комбината. Конструктивное решение этого здания отличалось от традиционных одноэтажных промышленных зданий. Впервые в условиях 9-балльной сейсмичности для покрытия здания были применены железобетонные предварительно напряженные балки и прогоны сложного сечения и сравнительно больших пролетов. Оценка сейсмостойкости этого уникального для того времени здания, выполненного в сборном железобетонном

каркасе, была осуществлена б. Казфилиалом АСИА СССР на основе экспериментальных исследований натуральных ячеек здания на действие горизонтальных статических и динамических нагрузок типа сейсмических.

После ликвидации АСИА СССР и ее Казфилиала (1963 г.) строительная наука Казахстана в области сейсмостойкого строительства и строительных конструкций перешла в КазпромстройНИИпроект. В этом институте, начиная с 1964 г., проводятся крупномасштабные научно-исследовательские и опытные работы в области сейсмостойкого строительства.

В 1966–1967 гг. в урочище Медео (вблизи г. Алматы) была построена селезащитная плотина с помощью мощных подземных взрывов. На площадке, расположенной на расстоянии 800 м от эпицентра второго, левобережного взрыва (из зарядов двух серий с общим весом ВВ 3900 т, под руководством Т.Ж. Жунусова были испытаны специально построенные в натуральную величину шесть опытных зданий-фрагментов: 4-этажного здания с кирпичными несущими стенами (полная торцевая секция жилого дома серии 1-308, запроектированной на 9 баллов), секция 4-этажного жилого крупнопанельного дома типовой серии 1-464 АС/62 (расчетная сейсмичность 9 баллов), два фрагмента 5-этажного каркасного здания, имеющие различные типы соединений колонн с ригелями, фрагмент 2-этажного каркасно-панельного здания школ и детских учреждений серии 2Кз-200 и одноэтажное промышленное здание типовой серии.

При взрыве на участке экспериментальных объектов были зарегистрированы максимальные значения ускорения и смещения грунта – соответственно 500 см/сек² и 9 мм. Интенсивность сейсмозрывного воздействия при этих значениях ускорения и смещения почвы по шкале ИФЗ АН СССР составила: по величине ускорения 10 баллов, величине смещения – 9 баллов. Результаты этого уникального эксперимента позволили впервые в условиях, наиболее приближенных к реальным условиям сейсмического воздействия, вызванного мощными подземными взрывами, оценить сравнительную сейсмостойкость крупнопанельных, каркасных и кирпичных зданий, широко распространенных в условиях с 9-балльной сейсмичностью.

Результаты сейсмозрывного воздействия высокого уровня на здания различных конструктивных схем и этажности и оценка их сравнительной сейсмостойкости были опубликованы в трудах IV и V Всемирной конференции по сейсмостойкому строительству и инженерной сейсмологии (1969 г., Сантьяго, Чили; 1973 г. Рим, Италия).

В 2009 г. в Кыргызской Республике (Жалал-Абадская область) для создания естественной пластины в ГЭС Камбар-Ата 2 были произведены 2 подземных взрыва с участием российских специалистов.

Интервал между взрывами составлял 2 секунды. Мощность первого взрыва составляла 950 т, а второго – 2170 т. Первый взрыв поднял горный массив, а второй направил его в сторону реки для перекрытия русла. Этот взрыв был уникальным и готовым экспериментом для научных работников и являлся искусственным землетрясением. Специалистами Кыргызского государственного университета строительства, транспорта и архитектуры (КГУСТА), Института сейсмологии НАН КР и российскими специалистами были изучены колебания зданий и сооружений, расположенных вблизи взрыва. Интенсивность взрыва в эпицентре была 10 баллов по шкале MSK-64. Результаты исследования были опубликованы в работах [7, 8] и др.

Высотное строительство. В настоящее время наблюдается тенденция резкого увеличения этажности зданий в сейсмических районах. Это продиктовано градостроительными и архитектурными требованиями, а также дефицитом свободной для застройки территории, особенно в крупных городах. Высотные здания возводятся преимущественно из монолитного железобетона и в стальном каркасе. Однако с точки зрения сейсмостойкости, высотные здания имеют ряд специфических особенностей. При проектировании и строительстве этих зданий к ним необходимо предъявлять повышенные требования к их сейсмостойкости, поскольку разрушения таких зданий более тяжелы, чем малоэтажных. Объясняется это тем, что в высотных зданиях может находиться одновременно большое количество людей, эвакуация их во время и после землетрясения затруднительна и, кроме того, обрушение такого здания угрожает близлежащим постройкам.

Поэтому, учитывая особую ответственность строительства высотных зданий в сейсмоопасных районах, расчет и проектирование их должны выполняться на основе динамической теории сейсмостойкости сооружений с учетом реальных физических характеристик сооружений, их фактической жесткости и спектра динамических характеристик (собственные частоты, формы колебаний, диссипативные характеристики).

Первое высотное здание в 9-балльной зоне б. СССР было построено в г. Алматы. Это 25-этажное здание гостиницы “Казахстан”. Принимая во внимание уникальность высотного здания гостиницы, для обеспечения его сейсмостойкости были

проведены, кроме расчета по СНиП, динамические расчеты с использованием реальных акселерограмм двух сильных землетрясений (Эль-Центро, 1940 г. и по записи на фундаменте 21-этажного здания в Сан-Фернандо, США, 1971 г.).

С целью проверки принятых расчетных гипотез и схем после возведения здания были проведены динамические испытания с помощью самой мощной в СССР вибромашины инерционного действия В-3. Натурные испытания высотного здания, возведенного из монолитного железобетона, показали хорошее совпадение расчетных и фактических значений основных динамических параметров.

Особый строительный бум высотных зданий происходит ныне в Южной столице РК г. Алматы. Строительство высотных зданий ведется такими крупными корпорациями, как “Базис”, “Куат”, “Силк уэй Сити”, “Элитстрой” и др. Высотные в 14, 17, 21 и даже 25 этажей здания имеют рамно-связевую систему – каркас с диафрагмами жесткости. Расчет их ведется в основном по программе “Лира”, разработанной в КиевЗНиЭПе.

В связи с этим весьма актуальна экспериментальная проверка сейсмостойкости таких зданий, поскольку даже мощная вибромашина КазНИИС-СА В-3 не может создать вибрационное воздействие высокого уровня.

Под руководством Т.Ж. Жунусова в свое время в г. Шимкенте были испытаны два 5-этажных КЖД (на обычном фундаменте и на свайном фундаменте с высоким ростверком) с помощью направленного взрыва. Результаты были удачными и ожидаемыми. Поэтому, по мнению авторов, нужно консолидировать все ресурсы и усилия всех крупных строительных корпораций для проведения испытаний специально построенных вблизи г. Алматы высотных зданий в натуральную величину или половину натуральной величины методом направленных взрывов, при длительности взрывного воздействия, хотя бы 10 сек. Полагаем, что специалисты Казахвзрывпрома справятся с такой задачей. Это и есть самая актуальная проблема сейсмостойкого строительства на данном этапе развития сейсмостойкого строительства в Казахстане.

Малоэтажное и индивидуальное строительство. Приоритетной задачей должен стать и кардинальный пересмотр действующих и предлагаемых строительных норм и правил “Строительство в сейсмических районах”, в том числе проект новых норм СНГ.

Новый подход к определению сейсмической нагрузки на сооружение по динамическому эффекту землетрясения был опубликован в профильном журнале “Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений” [6].

В научно-исследовательском институте “Сейсмостойкое строительство” Кыргызского государственного университета строительства, транспорта и архитектуры (КГУСТА) были проведены экспериментальные исследования сейсмостойкости моделей зданий индивидуального жилищного строительства из местных материалов на сейсмоплатформе. Определена сейсмостойкость домов из глинобитного кирпича-сырца “сокмо”, “сынч” и друних кирпичных материалов. Даны рекомендации для усиления этих зданий [7].

Для увеличения сейсмостойкости зданий индивидуального жилищного строительства предложены варианты конструкций зданий [8, 9].

Литература

1. *Эйби Дж. А.* Землетрясения / Дж. А. Эйби. М.: Недра, 1988. 153 с.
2. СНиП РК 2.03-30–2006. Строительство в сейсмических районах. Астана, 2006.
3. СНиП КР 20-02:2009. Сейсмостойкое строительство. Бишкек, 2009.
4. СНиП РК В.1.2.-4-98. Строительство в сейсмических районах. Алматы, 1998.
5. СНиП 22-01-98 КР. Оценка сейсмостойкости зданий существующей застройки. Бишкек, 1998.
6. Сейсмостойкое строительство // Безопасность сооружений. 2002. № 6.
7. *Маматов Ж.Ы.* Результаты экспериментального исследования на сейсмоплатформе моделей домов из кирпича-сырца, “сынча” и “сокмо” / Ж.Ы. Маматов, М.П. Камчыбеков, В.И. Куликов и др. // Вестник КГУСТА. 2012. № 3(37). С. 57–66.
8. *Апсеметов М.Ч.* Сейсмостойкий фундамент для индивидуального жилищного строительства / М.Ч. Апсеметов, В.П. Чуднецов // Информ. листок КиргНИИТИ. 1994. № 37 (7044). Серия 67.11.59. Бишкек, 1994.
9. *Апсеметов М.Ч.* Сейсмостойкое здание для индивидуального жилищного строительства / М.Ч. Апсеметов, В.П. Чуднецов // Информ. листок Нац. Инф. центра КР. 1995. № 3 (7110). Серия 67.11.59. Бишкек, 1995.