

## ОТЗЫВ

отечественного научного консультанта на диссертацию  
Тулеева Али Турсымбаевича на тему «**Сейсмостойкость высотных зданий из монолитного железобетона для условий города Алматы**» на соискание степени доктора философии (PhD) по образовательной программе 8D07321 –  
Строительство

Исследование Тулеева Али Турсымбаевича посвящено работе высотных зданий из монолитного железобетона для условий города Алматы.

Данное диссертационное исследование посвящено на разработку и внедрение усовершенствованных коэффициентов расчета высотных зданий на основе экспериментальных данных, для обеспечения повышения их сейсмической стойкости. Основным содержанием исследования стали проведения сравнительного анализа величин параметров собственных колебаний реальных высотных зданий (с периодами колебаний  $T$  от 1 до 6 секунд) и их идеализированных моделей, полученных в результате экспериментальных испытаний и уточненные коэффициенты, такие как коэффициент безопасности (надежности) по материалам и коэффициент высотности, которые рекомендованы для дополнительного внесения в Национальное Приложение. Разработанная методика расчёта позволяет существенно повысить сейсмостойкость высотных зданий, обеспечивая их сохранность и долговечность при воздействии землетрясений интенсивностью до 9 баллов в условиях г. Алматы.

Впервые проведено систематическое исследование сейсмостойкости высотных зданий при сейсмическом воздействии с учетом региональных особенностей города Алматы. В рамках данной работы получены параметры собственных колебаний реальных высотных зданий (периоды колебаний, формы колебаний и характеристики диссипативных свойств). Разработанные методы расчета представляют собой эффективные решения, повышающие сейсмостойкость таких объектов, что особенно актуально в контексте продолжающегося строительства высотных зданий в сейсмически активных регионах как г. Алматы. Подготовлены предложения для корректировки нормативных документов.

Впервые проведены натурные экспериментальные исследования 35-этажных монолитных зданий в г. Алматы и определены параметры собственных колебаний. Периоды по трем формам собственных колебаний (первый этап), определенные расчетным путем  $T_1=1,38с$ ,  $T_2=0,38с$  и  $T_3=0,195с$ , близки полученным экспериментальным значениям, которые составляют  $T_{1,экс}=1,31с$ ,  $T_{2,экс}=1,381с$  и  $T_{3,экс}=0,201с$ , соответственно. Выявленные различия в расчетных и экспериментальных значениях периодов колебаний незначительны. Однако экспериментальные данные получены без полезной нагрузки. Поэтому реально экспериментальные и теоретические периоды колебания будут отличаться примерно на 20%.

Установлено, что податливость междуэтажных перекрытий незначительно сказывалась на характере деформирования здания.

Горизонтальные деформации междуэтажных перекрытий здания, обусловленные их податливостью, составляли не более 3% от перемещений этих перекрытий. Суммарный вклад податливости основания (на сдвиг и поворот) в перемещения верха здания составил при колебаниях по третьей форме - не более 27...32%. Испытанное 35-этажное здание относится к длиннопериодным динамическим системам с довольно низкой способностью к рассеиванию энергии колебаний. Значения логарифмических декрементов колебаний, характеризующие диссипативные свойства испытанной конструктивной системы, оказались значительно меньше, чем значения декрементов, типичные для 5-этажных зданий аналогичных конструктивных систем. При колебаниях здания по первой, второй и третьей формам значения логарифмических декрементов отличались в меньшую сторону от значения, принятого при построении нормативных графиков коэффициентов динамичности, в 4,2, 1,9 и 1,4 раза соответственно. При определении расчетных сейсмических нагрузок на объекты подобного типа значения логарифмических декрементов колебаний рекомендуется принимать в пределах 0,12...0,18 ( $\xi = 2...3\%$ ). После вибрационных испытаний в несущих конструкциях здания каких-либо повреждений или трещин не отмечено. В некоторых перегородках отмечены трещины с небольшим раскрытием, образовавшиеся, как правило, в местах примыкания ненесущих конструкций к несущим.

Проведены экспериментальные испытания способом сброса нагрузки (оттяжки) 22-этажного монолитного здания в г. Алматы и определены параметры собственных колебаний. Величина периода колебаний 22-ти этажного жилого здания каркасно-стеновой конструктивной системы колебания в пределах 0,88–0,94 сек. Величина логарифмического декремента колебаний меняется в пределах 0,11-0,27 (1,6-2,9% от критического значения). Периоды низших собственных колебаний, определенные расчетным путем ( $T_1=0,98с$ ), близки полученным экспериментальным значениям, которые находятся в пределах 0,88-0,94с.

Результаты статистической обработки периодов колебания высотных зданий показали, что увеличение высоты на один этаж приводит, к увеличению фактических периодов собственных колебаний примерно на 0,03 сек. На основании анализа экспериментальных испытаний уточнена и рекомендована формула  $T = \alpha \cdot N$ . Для стеновых конструктивных систем с типами грунтовых условий (I-первый) и сейсмичности площадки строительства (9- баллов) для условий г. Алматы коэффициент  $\alpha$  принимается равным 0,045. Такие результаты получены впервые.

Проведенное испытание, а также ранее проведенные исследования и анализ последствий сильных землетрясений показывает, что каркасно-стеновые конструктивные системы обладают рядом неоспоримых преимуществ по сравнению с каркасными зданиями (уменьшение амплитуд колебаний, повышению диссипативных свойств конструктивных систем, уменьшение повреждаемости ненесущих элементов).

Сравнительный анализ горизонтальных смещений несущих конструкций 22-этажного здания по оси 1/б, проведенный как спектральным методом, так и на основе инструментальных акселерограмм (спектрально-временной), выявил высокую степень согласия результатов. Максимальное смещение, зафиксированное по акселерограммами при использовании данных о реальных землетрясениях в округе Kern Country (21 июля 1952 года,  $R=41$  км,  $M=7.2$ ), практически совпадает со значениями смещений, полученными спектральным методом для исследуемого здания. Анализ инструментальных акселерограмм землетрясений в г. El-Centro (18.05.1940) и Байсорунском (12.11.1990) и искусственной моделью показал, что максимальные перемещения конструкций здания, полученные этим методом, оказались меньше, чем при расчетах по спектральному методу. Различия в результатах расчёта, по нашему мнению, обусловлены различиями в частотах колебаний грунта основания при различных землетрясениях. Отсутствие перегрузок (не превышение) значений указывает на достаточную сейсмическую устойчивость данного сооружения.

Расчет высотных зданий на воздействие реальных акселерограмм следует признать полезным для возможного прогноза поведения здания в условиях реального землетрясения. Применение прямого динамического расчёта с использованием специально отобранных акселерограмм, адаптированных к локальным особенностям сейсмической активности, способствует увеличению надёжности проектирования зданий в условиях высокой сейсмической опасности города Алматы. Рекомендуются на высотных зданиях устанавливать станции инженерно-сейсмометрической службы на зданиях. Это позволит накапливать информацию о поведении зданий при землетрясениях и прогнозировать частотный состав ожидаемых землетрясений. Кроме того, это позволит получить инструментальные записи в уровне подвала здания, которые можно будет рекомендовать как исходное воздействие при расчете таких объектов.

На основании проведённых экспериментальных исследований и сравнительного анализа параметров расчётных положений нормативно-технических положений (НТП) к СП РК EN 1990-1998 с нормами СНиП, автор работы рекомендует для проектирования и строительства высотных зданий использовать мультимодальный коэффициент  $\gamma_{Ih}$ , учитывающий класс ответственности здания, равный 1,5. Важно подчеркнуть, что значение мультимодального коэффициента  $\gamma_{Ih}=1,5$  показывает хорошую согласованность с коэффициентами  $k_3$ , принятыми в действующих нормативных документах по сейсмостойкому строительству в Украине (ДБН В.1.1-12:2014), Узбекистане (СНиП КМК 2.01.03-19) и Таджикистане (СНиП Республики Таджикистан (РТ) 22-07-2018). Тем не менее, следует отметить, что основополагающие принципы расчётных положений национальных нормативов стран СНГ базируются на нормативных документах бывшего СССР, а именно на СНиП II-7-81 «Строительство в сейсмических районах».

При расчете конструкций высотных монолитных зданий значения  $\gamma_c$  и  $\gamma_s$  следует принять из пункта 2.4.2.4(1), приведенных в Национальном

приложении к СП РК EN 1992-1-1:2004 «Проектирование железобетонных конструкций».

Часть 1–1. Общие правила и правила для зданий». Рекомендуется следующие значения коэффициентов:  $\gamma_c = 1,5$  и  $\gamma_s = 1,1$ . Значения  $\gamma_c$  и  $\gamma_s$  при проверке предельных состояний по эксплуатационной пригодности приведены в п. 2.4.2.4(2) в Национальном приложении к СП РК EN 1992-1-1:2004 рекомендуется следующие значения коэффициентов:  $\gamma_c = 1,0$  и  $\gamma_s = 1,0$ . Значение коэффициента  $\alpha_{cc}$ , учитывающее влияние длительных эффектов на прочность и неблагоприятных эффектов в результате неблагоприятного способа приложения нагрузки рекомендуется принимать  $\alpha_{cc} = 0,85$ .

Докторант проявил высокий уровень самостоятельности, целеустремлённости и компетентности. Им проведён значительный объём теоретических и экспериментальных исследований, результаты которых оформлены в виде научных статей. Автор демонстрирует умение сочетать аналитический подход с практическим мышлением, что подтверждает его готовность к самостоятельной научной деятельности.

Диссертация Тулеева Али Турсымбаевича «**Сейсмостойкость высотных зданий из монолитного железобетона для условий города Алматы**» является завершённой научно-квалификационной работой, соответствует требованиям

Правил присуждения степеней Республики Казахстан и заслуживает присуждения соискателю степени доктора философии (PhD) по образовательной программе 8D07321 – Строительство.

#### **Отечественный научный консультант**

Абаканов Т.Д., д.т.н., профессор-исследователь МОК, города Алматы

дата

М.П.

