

АННОТАЦИЯ

к диссертации на соискание степени доктора философии (PhD) по образовательной программе: 8D07321 – «Строительство» Тулеева Али Турсымбаевича на тему: «Сейсмостойкость высотных зданий из монолитного железобетона для условий г. Алматы»

В последние годы в городе Алматы наблюдается значительное увеличение высоты зданий, возводимых в условиях высокой сейсмичности 9 баллов. Эта тенденция обусловлена современными градостроительными требованиями и острым дефицитом свободной территории в крупных городах, что характерно не только для Алматы, но и для многих мегаполисов мира. В конце XX века самым высоким зданием в 9-бальных районах СНГ была 25-этажная гостиница «Казахстан». Однако с 2005 года в Алматы начали строиться десятки высотных зданий высотой от 20 до 37 этажей, что ставит новые задачи перед проектировщиками и строителями.

Актуальность темы данного исследования. Исходя из природы и особенностей сейсмических воздействий, наиболее предпочтительными являются экспериментальные исследования, при проведении которых можно создать динамические воздействия типа сейсмических. Подобные эксперименты позволяют получить достаточно объективную информацию об эффективности принятых конструктивных решений зданий или их отдельных элементов, не проходивших ранее проверку в условиях реальных землетрясений, а также о достоверности расчетных моделей, применяемых для обоснования сейсмостойкости конструктивных систем. В условиях продолжающегося строительства высотных зданий в сейсмически активных регионах Казахстана, подобные исследования имеют решающее значение для повышения безопасности и сейсмостойкости новых объектов, что делает данную тему особенно актуальной и востребованной.

Объект исследования: высотные монолитные здания г. Алматы, испытывающие действия сейсмических нагрузок в условиях высокой сейсмичности (9-баллов).

Предмет исследования: экспериментальные исследования высотных зданий, проводимые на примере 22- и 35-этажных жилых домов в условиях г. Алматы.

Целью исследования является комплексное решение научно-технической проблемы проектирования и строительства сейсмостойких высотных зданий в зонах высокой сейсмической опасности для условий г. Алматы. Методика расчета высотных зданий каркасно-стеновых систем, которая будет учитывать динамические характеристики, полученные в ходе экспериментальных исследований, и разработка на этой основе рекомендации по использованию

более точных расчетных моделей для обеспечения сейсмостойкости указанных систем.

Задачи исследования:

1. Определить основные собственные динамические характеристики высотного здания, такие как периоды колебаний, декременты затухания, формы колебаний и т.д.

2. Проанализировать диссипативные свойства высотного здания при воздействии сейсмических нагрузок.

3. Оценить способности дисков перекрытий распределять горизонтальные сейсмические нагрузки между вертикальными элементами.

4. Сравнить экспериментально полученные значения собственных динамических параметров высотного здания с расчетными показателями.

5. Выявить степень соответствия результатов расчетного анализа проектируемой конструктивной системы результатам экспериментальных исследований.

6. Проверить соответствие фактических характеристик применяемых материалов проектным показателям.

7. Провести расчеты максимальных перемещений рассматриваемого высотного здания, используя наборы инструментальных акселерограмм (спектрально временный метод), и сравнить результаты с данными, полученным спектральным методом.

8. Выполнить расчеты рассматриваемых высотных монолитных зданий в соответствии с требованиями СНиП и нормативно-техническому пособию (НТП) к СП РК EN 1998-1:2004/2012, с целью уточнения и рекомендации по основным параметрам расчетных положений таких, как коэффициент высотности и коэффициенты безопасности по материалам.

9. На основе результатов экспериментальных и теоретических исследований разработать рекомендации по расчету и проектирования высотных монолитных зданий каркасно-стеновой конструктивной системы в сейсмических зонах для условий г. Алматы.

Методы исследований.

В рамках данного исследования были применены методики исследования, включающие экспериментальные исследования высотных зданий с использованием вибрационные машины инерционного действия (тип ВЗ), а также метод «оттяжки». Свойства бетона определялась неразрушающими методами контроля с помощью ИПС-МГ4.03 (метод ударного импульса). Для определения механических свойств арматурной стали применен европейский стандарт СТ РК ИСО 6892-1-2010. Расчеты выполнялись с использованием программных комплексов «Лира-САПР 2019(R1)» (Лицензия № 1475, ID ключа 747656825) и "ETAPS».

Научная новизна диссертационной работы.

В данной работе:

– впервые получены новые экспериментальные данные касательно параметров собственных динамических характеристик (периоды колебаний,

декременты затухания, формы колебаний и т.д.) в результате испытаний 22- и 35-этажных монолитных высотных жилых домов в условиях г. Алматы с однотипными конструктивными системами;

– рекомендованы при определении расчетных сейсмических нагрузок на объекты подобного типа значения логарифмических декрементов колебаний принимать в пределах 0,12...0,18 ($\xi = 2...3\%$);

– уточнены и скорректированы основные параметры расчётных положений, таких как коэффициент высотности, коэффициенты безопасности по материалам (бетон и арматура), применяемых для расчета высотных зданий. Результаты исследования будут использованы для внесения Национальных Приложений (НП) к СП РК EN 1998–1:2004/2012;

– на основании анализа экспериментальных испытаний и статистических обработки рекомендована формула для практического применения для определения периодов колебаний высотных зданий $T = \alpha \cdot N$, где N – число этажей, α - коэффициент, принимаемый равный 0,045;

– на основе полученных экспериментальных и расчетных данных были разработаны рекомендации для расчета и проектирования высотных монолитных зданий каркасно-стеновой системы в сейсмических зонах для условий г. Алматы.

Основные положения, выносимые на защиту

1. Применение методики расчетно-параметрического анализа экспериментальных данных, полученных при испытаниях высотных зданий в условиях территории г. Алматы, с использованием спектральных и спектрально-временных моделей сейсмического воздействия.

2. Результаты натуральных динамических испытаний, полученные экспериментальным путём и подтверждённые расчётами, для 35-этажного монолитного высотного здания г. Алматы.

3. Результаты экспериментального испытаний методом сброса нагрузки (оттяжки), проведённого на 22-этажном здании в г. Алматы с конструктивной системой, аналогичной 35-этажному зданию и подтвержденные расчётами.

4. Закономерности существенных изменений динамических характеристик и диссипативных свойств каркасно-стеновых конструктивных систем высотных зданий по мере увеличения их этажности в сравнении со зданиями малой и средней высотности.

5. Установлено закономерности изменение значения периода колебания T высотного здания с увлечением этажности. Получена формула для определения периода колебания здания как функция высоты здания.

6. Методика расчета и проектирования высотных монолитных зданий каркасно-стеновой конструкции в сейсмических районах и разработка на этой основе рекомендации по использованию более точных расчетных моделей для обеспечения сейсмостойкости указанных систем.

Практическая значимость

Разработаны рекомендации по расчету и проектированию сейсмостойких высотных монолитных зданий каркасно-стеновой системы для условий г. Алматы, обеспечивающих повышенную сейсмостойкость в зонах высокой сейсмической активности. Установлены количественные зависимости между параметрами собственных динамических характеристик и конфигурациями (высотами) здания, что открывает возможности проектировщикам корректно определить динамических характеристик (периоды колебаний, логарифмический декремент и т.д.) различной этажности объекта и практического внедрения в проектирование высотных жилых домов. Результаты внедрены в проектную практику (ТОО «Menessa»).

Публикация и апробация работы: По теме диссертации опубликовано 5 работ, в том числе 2 статьи — в научных и научно-практических изданиях, включенных в Перечень, рекомендуемый КОКСНВО МНВО РК, и 1 статья — в журнале, индексируемом в базе данных Scopus, с процентилем 39 по направлению «Строительство зданий и сооружений». Также 2 статьи опубликованы в прочих изданиях.

Структура работы.

Диссертация включает введение, пять глав, заключение и приложения (138 страниц, 25 таблиц, 43 иллюстраций, 121 источник, 3 приложений). Содержательно:

В первой главе:

- основные подходы к повышению сейсмостойкости зданий, в том числе высотных; обзор исследований по повышению сейсмостойкости зданий;
- явление землетрясения и землетрясения с очагами в пределах города Алматы;
- конструктивные системы монолитных высотных зданий, возведенных в обычных и сейсмических зонах; методика оценки сейсмостойкости зданий и анализ расчетных положений современных норм стран СНГ и Республики Казахстан.

Во второй главе:

- экспериментальные исследования монолитного 35-этажного жилого высотного здания с использованием вибромашины типа В-3;
- методика испытания высотных зданий, динамические воздействия, датчики, аппаратура для регистрации; объект испытаний; проверка прочности бетона и арматуры;
- способ создания динамических нагрузок на объект испытаний; методика испытаний и регистрирующая аппаратура;
- динамические параметры и особенности деформирования объекта в процессе испытаний;
- результаты визуального обследования; анализ инструментальных данных, полученных при вибрационных испытаниях экспериментального объекта.

В третьей главе

Экспериментальные исследования монолитного 22-этажного жилого высотного здания при помощи оттяжки их тросом, с последующим мгновенным сбросом статически приложенной нагрузки; объект испытаний; методика испытаний; результаты испытаний; инженерный анализ.

В четвертой главе

Реакция 22-этажного здания с использованием инструментальных записей ускорений (спектрально-временной метод); объекты и методы; результаты.

В пятой главе

Сравнительный анализ параметров расчетных положений норм.

Итоговые выводы

1. Проведены натурные испытания 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.

2. 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 определении расчетных сейсмических нагрузок на объекты подобного типа значения логарифмических декрементов колебаний рекомендуется принимать в пределах 0,12...0,18 ($\xi=2...3\%$).

3. Горизонтальные деформации междуэтажных перекрытий здания, обусловленные их податливостью, составляли не более 3% от перемещений этих перекрытий.

4. 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.

5. 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 α принимается равным 0,045.

6. 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.

На основании проведенных 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 γ_{Ih} , учитывающий класс ответственности здания по высоте, равный 1,5.