



# СЕЙСМОБЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЛИЩНО-ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЙ СОВРЕМЕННОЙ ЗАСТРОЙКИ ГОРОДОВ ЦЕНТРАЛЬНОАЗИАТСКОГО РЕГИОНА И ПУТИ ЕЕ ПОВЫШЕНИЯ

УДК 624.042; 698.841

## АВТОР

**ХАКИМОВ Ш.А.**, канд. техн. наук, зав. отделом АО "Ташкентский научно-исследовательский и проектно-изыскательский институт жилищно-гражданского строительства"

## АННОТАЦИЯ

*Рассматриваются вопросы сейсмобезопасности гражданских зданий современной постройки из малопрочных материалов, кирпичной кладки и железобетона. Приводятся некоторые предложения по повышению их сейсмостойкости.*

*The questions of the seismic safety of civil buildings of modern construction from low-strength materials, masonry and reinforced concrete are considered. Some suggestions to improve their seismic resistance are presented.*

## КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

гражданские здания, современная застройка, центральноазиатский регион, сейсмобезопасность, повышение сейсмостойкости

## ВВЕДЕНИЕ

Жилищно-гражданские здания современной застройки, возводимые на сейсмоопасных территориях городов и населенных пунктах Центральной Азии по конструктивным признакам можно разделить на три группы:

- сельские дома индивидуальной постройки, возводимые с применением в несущих стенах малопрочных конструкций из глиноматериалов, легких блоков, природных камней;
- здания до пяти этажей, возводимые в кирпичной кладке и комплексных конструкциях;
- жилищно-гражданские здания в железобетонных каркасных и плоско-стеновых конструкциях и в небольшом объеме в металлических каркасных конструкциях.

За последние 20 лет строительная палитра возведения гражданских зданий, как в городе, так и на селе резко изменилась. Появились новые строительные материалы, конструктивные системы, ранее не применяемые в строительстве. Исчезли привычные проверенные экспериментально-теоретическими исследованиями и реальными землетрясениями конструктивные системы как типовые сборные железобетонные крупнопанельные и объемно-блочные жилые дома, сборно-монолитные железобетонные каркасно-панельные и рамно-связевые системы, кирпичные здания привычной комплексной конструкции высотой до пяти этажей. Практически прекратило свое существование типовое проектирование гражданских зданий. Не проводятся масштабные эксперимен-



тальные работы. Резко снизилось качество строительства и применяемых материалов.

На смену пришли новые, ранее не применяемые или ограниченного применения конструктивные системы: каркасные здания 7-9 этажей с различным заполнением из кирпичной кладки, мелкоступных блоков и камней, по расчетной схеме участвующим или не участвующим в работе каркаса; монолитные каркасные здания безригельной системы; здания с неполным каркасом; здания с гибкими первыми этажами; каркасно-стеновые монолитные здания безригельной системы с различным соотношением объемов стен и каркаса. Для большинства из перечисленных конструктивных систем отсутствуют полноценные рекомендации по их проектированию и конструированию.

Благодаря собственным исследованиям и обобщению работ ряда авторов изучены механизмы разрушения различных конструктивных систем и их элементов при землетрясениях, а также раскрыты основные причины разрушения различных конструктивных типов зданий на селе и в городе.

Для использования в нормах Узбекистана и положениях по возведению зданий и сооружений в сейсмических районах разработаны новые концепции проектирования и строительства, а также технические решения, ориентированные на смягчение причин разрушения отдельных типов зданий при сейсмических воздействиях.

## **ЖИЛЫЕ ДОМА СЕЛЬСКОЙ ПОСТРОЙКИ И КОНЦЕПЦИИ ПОВЫШЕНИЯ ИХ СЕЙСМОБЕЗОПАСНОСТИ**

Жилые дома, как правило, возводятся самими жильцами без обращения к рекомендациям СНиП, за редким исключением, когда государство само возводит типовые жилые дома с учетом требований норм.

Однако, тем не менее большинство сельского населения Центральноазиатских республик возводят сейсмоопасное жилье, практически не контролируемое со стороны государств. Из всех норм стран СНГ, лишь нормы Узбекистана содержат рекомендации по применению для строительства малопрочных местных материалов. Анализ их использования индивидуальными застройщиками на селе показал, что практически отсутствуют случаи использования норм при возведении жилища самими жильцами. Как показывает анализ последствий землетрясений, практически во всех населенных пунктах мира наибольшее количество жертв приходится на жилые дома индивидуальной постройки (Япония, Индия, Китай, Бразилия, Чили, Иран, страны СНГ).

Первая серьезная проблема – это обеспечение сейсмобезопасности индивидуального жилища, возводимого самими жильцами.

В настоящее время в поселках городского типа, селах, в целом по Центральной Азии более 40% населения проживает в домах, возведенных самими жильцами с применением местных малопрочных стеновых материалов без их антисейсмиче-

ского усиления. Эти дома являются опасными для проживания в условиях землетрясений более 6 баллов. Такая ситуация сложилась по следующим основным причинам:

- постройка жилых домов без элементарных антисейсмических мероприятий из-за недоступности и непонимания положений СНиП;
- неосведомленность населения о способах сейсмоусиления зданий индивидуальной постройки со стенами из местных материалов;
- отсутствие доступных населению простых и экономичных технических решений, правил возведения зданий с элементами сейсмоусиления;
- отсутствие механизма воздействия на население инженерной, правовой деятельности существующих институтов, ориентированных на возведение сейсмобезопасного жилья и др.

Самостоятельное возведение самим населением сейсмобезопасного жилища требует иных подходов. Необходима разработка специальных пособий с таким расчетом, чтобы жилец-застройщик самостоятельно мог построить сельский дом без обращения к дополнительным источникам.

Наиболее сложным остается вопрос о методах уведомления населения об этих способах усиления и его обучения.

Это достаточно сложная проблема и схем действий здесь может быть множество. Начать, как нам кажется, надо с издания красочных внешне привлекательных буклетов, брошюр, книг. Следующим шагом может быть презентация этих печатных материалов в махаллинских центрах с высоким уровнем подачи материала. Последующими шагами могут быть:

- организация постоянно повторяющихся телепередач в виде сериалов с действующими героями события – возведения сейсмостойкого индивидуального жилища. Использование СМИ и периодической печати. Опыт привлечения периодической печати для разъяснений метода усиления домов из глиноматериалов был использован КазНИИССА при ликвидации последствий землетрясения в поселке Луговая. И этот опыт дал положительные результаты;
- разработка методов поощрения населения, возводящего свои жилища с учетом требований сейсмостойкого строительства. Например, дотация части расходов и т.д. и т.п.;
- организация и проведение бесед с населением с разъяснениями природы землетрясений, их последствий и способов защиты уже построенного и вновь возводимого жилища;
- возведение опытного показательного сейсмостойкого жилого дома из глиноматериалов в конкретной местности с привлечением жителей.

## **НЕКОТОРЫЕ ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ПОВЫШЕНИЮ СЕЙСМОСТОЙКОСТИ МНОГОЭТАЖНЫХ КИРПИЧНЫХ ЗДАНИЙ**

Хотя кирпичная кладка является наиболее изученной как экспериментально, так и теоретиче-



ски для применения в сейсмических районах, конструктивные системы с использованием кирпича при землетрясениях получают серьезные повреждения вплоть до их разрушения. Основной причиной является низкое качество строительства из-за специфики конструктивной системы, когда качество сооружения формируется при производстве строительно-монтажных работ и возведении стен из мелкоштучных изделий на площадке.

Новые концепции проектирования нацелены на признание сложившейся ситуации, повторяющейся из года в год и разработку таких механизмов регулирования, которые в какой-то мере позволили бы уменьшить сейсмический риск кирпичного строительства. Они включают следующее:

- разработку новых конструктивных решений отдельных конструктивных элементов кирпичных зданий;
- ограничение этажности, когда учитываются прочностные параметры кирпичной кладки для восприятия сейсмических нагрузок;
- в зданиях повышенной этажности (более 4 этажей) стены кирпичной кладки должны воспринимать лишь локальную нагрузку;
- в зданиях повышенной этажности сейсмическую нагрузку воспринимают более сейсмостойкие конструкции – железобетон, металл, сборные кирпичные панели, блоки заводского изготовления;
- в СНиП вводятся обязательные регламенты по контролю качества строительных материалов, кирпича, изделий, качества кладки, монтажа сборных элементов, монолитных включений, технологических процессов, которые будут осуществлять независимые научно-исследовательские и проектные организации, имеющие соответствующие сертифицированные специальные лаборатории, оснащенные современным оборудованием;
- в случаях, когда результаты контроля параметров, влияющих на сейсмобезопасность, окажутся ниже требуемых нормативными документами, производство работ приостанавливается до выяснения и устранения причин занижения прочностных параметров. В таких случаях возведенная часть конструкций с низкими параметрами прочности должна быть усилена в соответствии с рекомендациями проектной организации или демонтирована;
- в СНиП вводятся положения об обязательности независимой экспертизы расчетов и конструктивных решений проектов с привлечением научно-исследовательских и проектных организаций, специализирующихся в области сейсмостойкого строительства и др.

## **КОНЦЕПЦИИ ПОВЫШЕНИЯ СЕЙСМО-НАДЕЖНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КАРКАСНЫХ СИСТЕМ СОВРЕМЕННОЙ ПОСТРОЙКИ**

Предложения по повышению сейсмобезопасности касаются введения в СНиП новых требований по проектированию и конструированию же-

лезобетонных каркасных систем, для которых отсутствуют рекомендации по их строительству, например в действующих нормах Узбекистана КМК 2.01.03-96 "Строительство в сейсмических районах".

Особые требования предъявляются к устройству горизонтальных диафрагм, каковыми являются перекрытия и покрытия.

Допускается строительство жестких зданий с каркасными нижними этажами при условии использования жесткой арматуры в рамах в пределах гибкого этажа, монолитного перекрытия над гибким этажом и введением по торцам здания (отсека) ядер жесткости или диафрагм длиной 300...600 см. При этом здания с первым гибким этажом следует проектировать согласно специальным техническим условиям.

В каркасных зданиях с первым гибким этажом заделку железобетонных стоек, а также узел соединения колонн с ригелем над первым этажом следует усилить дополнительно жесткой арматурой (прокатной сталью). При этом железобетонное перекрытие над первым этажом должно быть, как правило, монолитным.

В основу концепции и технических решений зданий с гибким первым этажом поставлено несколько вопросов, разрешение которых в какой-то мере поможет смягчить последствия действия расчетных землетрясений. Это:

- обеспечение повышенной прочности и устойчивости стоек гибкого этажа;
- снижение разности жесткостей верхней жесткой и гибкой нижней частей сооружения;
- обеспечение надежности узла перехода от гибкой части здания к жесткой;
- создание условий для обеспечения совместной работы стоек гибкого этажа.

Недостатки безригельных каркасов проявляются в том, что отсутствие ригелей не позволяет обеспечить жесткие узлы, приводит к увеличению в четыре раза пролетных моментов в плитах, при сейсмических воздействиях колонны значительно перегружаются, система имеет большие перемещения, что, как правило, приводит к обрушению здания.

В основу концепции и технических решений необходимо заложить возможность разгрузки стоек от воздействия сейсмических горизонтальных нагрузок. Для этого предлагается связевая безригельная система, в которой горизонтальные сейсмические нагрузки воспринимаются связями в виде диафрагм жесткости, ядер жесткости и др. Кроме этого, по осям колонн в ортогональных направлениях образуют зоны усиленного армирования, включая применение жесткой арматуры. По периметру здания по осям крайних колонн устраиваются ригели. В качестве ядер жесткости могут быть использованы ограждения лифтовых и лестничных клеток. Сечение колонн должно быть не менее 50х50 см, а при 9-балльной зоне иметь в сечении стоек 1-го этажа жесткую арматуру. При выполнении этих условий в СНиП можно внести следующую запись:

Допускается к применению в сейсмостойком строительстве безригельных связевых каркасов



Таблица 1. Габаритные параметры из железобетонных и металлических конструктивных систем

Несущие конструкции		Высота и (число этажей) при сейсмичности площадки				
		7	8	9	>9	9*
1	Одноэтажные каркасы					
	1.1. Металлические (стальные) каркасы	ТНСП	ТНСП ТНСП	ТНСП 15	11 11	7,5 7,5
	1.2. Железобетонные каркасы	ТНСП				
2	Многоэтажные каркасы					
	2.1. Металлические (стальные) каркасы:					
	а) рамно-связевые, связевые	(70)20	(56)16	(42)12	(19)5	(12)3
	б) рамные	(42)12	(33)9	(24)7	(12)3	(8)2
	2.2. Монолитные железобетонные каркасы, в т.ч. сборные перекрытия:					
	2.1.1. Рамный с ригелями в ортогональных направлениях без диафрагм;	(24)7	(19)5	(12)3	(8)2	-
	2.2.2. Связевой или рамно-связевой;	(56)16	(42)12	(33)9	(15)4	(12)3
	2.2.3. Безригельный (без диафрагм);	-	-	-	-	-
	2.2.4. Безригельный связевой с диафрагмами, ядрами жесткости и ригелями по периметру здания;	(33)9	(24)7	(19)5	-	-
	2.2.5. Замный с жесткой арматурой;	(42)12	(33)9	(24)7	(12)3	(8)2
	2.2.6. Каркасно-каменные;	(38)10	(24)7	(19)5	(8)2	-
	2.2.7. Рамный с диафрагмами из штучной кладки;	(33)9	(21)6	(15)4	(12)3	-
	2.2.8. Жесткие здания с «гибким» первым этажом;	(24)7	(19)5	(12)3	-	-
	2.2.9. Каркасно-стенные	По техническим условиям				
	2.2.10. Конструктивные системы с элементами сейсмоизоляции;	По техническим условиям				
	2.2.11. Конструктивные системы с элементами сейсмогашения;	По техническим условиям				
	2.2.12. Сборные и сборно-монолитные железобетонные каркасные системы (за исключением сборных	По техническим условиям				



при условии, что вся горизонтальная сейсмическая нагрузка воспринимается связями в виде жестких стен, ядер жесткости, связей и т.п.».

Основными причинами массового разрушения железобетонных каркасов являются:

- опережающее разрушение стоек каркасов из-за ошибок проектировщиков и несовершенства норм проектирования ряда стран СНГ;
- отсутствие резервных элементов страховки прогрессирующего обрушения каркасных систем;
- высокая чувствительность каркасных систем к кручению, низким жесткостным характеристикам горизонтальных диафрагм – дисков перекрытия;
- низкое качество применяемых материалов и строительно-монтажных работ;
- технически неправильное решение узлов соединения заполнения как участвующего, так и не участвующего в восприятии вертикальных и горизонтальных сейсмических нагрузок;
- значительные гравитационные и сейсмические нагрузки, приводящие к разрушению стойки с относительно небольшими сечениями и низкими марками бетона.

Новые концепции проектирования и технические решения нацелены на смягчение влияния изложенных факторов на поведение железобетонных каркасных систем при сейсмических воздействиях. Они включают следующее:

- акцентировать и усилить внимание проектировщиков на том, что КМК 2.01.03-96 «Строительство в сейсмических районах» (нормы Узбекистана) во многих случаях проектной практики учитывает возможность реализации управления процессами разрушения сооружения за счёт использования различных значений коэффициентов редукции, вводимых в расчетные усилия в несущих элементах сооружения, а не здания в целом;
- регулирование величины отношения вертикальной сейсмической нагрузки к несущей способности конструкций на действие вертикальной составляющей сейсмической нагрузки, в зависимости от балльности площадки. Особенно это важно при учете расстояния от очага землетрясения до сооружения и его глубины;
- введение в наиболее уязвимые конструктивные системы дополнительного армирования сечений жесткой арматурой. Это относится к безригельным системам, а также к жестким зданиям с гибкими нижними этажами;
- ужесточение конструктивных элементов горизонтальных диафрагм;
- исключение неэффективных в сейсмическом отношении конструктивных элементов из практики применения при проектировании и строительстве;
- строго дифференцировать конструкции узлов соединения заполнения каркасных систем из штучной кладки, участвующей и не участвующей в восприятии сейсмических нагрузок зданием;
- скорректированы этажность современных же-

лезобетонных и стальных каркасов различных систем в зависимости от балльности территории;

- определен целый класс систем, проектирование которых следует выполнять по специально разработанным техническим условиям и др.

Предлагается корректировка классификации каркасных конструктивных систем и их габаритов с назначением высоты и числа этажей для конструктивных типов, применение которых было ограничено или вовсе запрещалось.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Строительство в сейсмических районах: КМК 2.01.03-96 / Госархитектстрой РУз. - Ташкент, 1996. - 65 с.
2. Айзенберг Я.М. Уроки последних разрушительных землетрясений / Айзенберг Я.М. - М., 2000.
3. Инженерный анализ последствий Спитакского землетрясения 7.12.1988 г. / [Ржевский В.А., Ципенюк И.Ф., Асамов Х.А., и др.] // Архитектура и строительство Узбекистана. - 1989. - №12. - С. 7-12.
4. Хакимов Ш.А. Оценка экономического ущерба при землетрясениях на урбанизированных территориях с учетом региональных факторов риска / Хакимов Ш.А. // Актуальные проблемы исследований по теории сооружений: сб. научных статей в трех частях, 4.3 - ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко. - М.: ОАО ЦПП. - 2009. - С. 29-34.
5. Айзенберг Я.М. Управление механизмом неупругих деформаций и повреждений конструкций при сейсмических воздействиях / Айзенберг Я.М. // Строительная механика и расчёт сооружений. - 1986. - №1.
6. Khakimov Sh.A. Assessment of Seismic Risk of Areas with Diverse Site Development with Account of Influence of Local Factors and Ways of it Reduction / Khakimov Sh.A., Nurtaev B.S. // 15th World Conference on Earthquake Engineering 24 -28 September 2012, Lisbon, Portugal. - 2914 p.
7. Хакимов Ш.А. Проблемы сейсмобезопасности конструктивных систем гражданских зданий современной застройки и концепции ее повышения / Хакимов Ш.А. // Вестник АО «КазНИИИСА». - №10 (38) 2014. - С. 29-41.
8. Уздин А.М. Сейсмостойкие конструкции транспортных зданий и сооружений: учебное пособие / Уздин А.М., Елизаров С.Д., Белаш Т.А. - М.: ФГБ ОУ, 2012. - 501 с.
9. Немчинов Ю.И. Сейсмостойкие здания и сооружения / Немчинов Ю.И. - К., 2008. - 326 с.