

ПРИНЦИПЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ МАЛОЭТАЖНЫХ СЕЙСМОТЕПЛОСТОЙКИХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ ИЗ МЕСТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Б.С. Матозимов, Муканбет кызы Э., Т.К. Муктаров, А.М. Мисирова

Рассмотрены комплексные принципы конструирования малоэтажных сейсмостойких жилых зданий из местных материалов.

Ключевые слова: малоэтажные жилые здания; сейсмостеплотехника; ограждающие конструкции; тепловая защита; системы сейсмоизоляции; антисейсмические швы.

В результате проведенного инженерного анализа существующих принципов конструирования зданий и последствий сильных землетрясений сформулированы принципы конструирования малоэтажных сейсмостойких зданий. Установлены три обязательных взаимно увязанных нормируемых показателя по тепловой защите здания, которая заключается в определенной последовательности выбора теплозащитных свойств ограждающих конструкций.

1. Конструктивные схемы зданий с точки зрения их динамической реакции на сейсмическое воздействие разделяют на жесткие, гибкие, смешанного типа и массивные.

Малоэтажные здания независимо от типа несущих конструкций характеризуются малыми размерами в плане по сравнению с высотой. При колебаниях в зависимости от соотношения размеров в малоэтажном здании могут проявляться деформации сдвига, но первая форма колебаний по частоте и конфигурации соответствует изгибным деформациям, а не сдвиговым.

Малоэтажные жилые здания характеризуются малыми периодами первого тона колебаний – обычно $T \leq 0,5$ с. Здания смешанного типа занимают промежуточное положение между жесткими и гибкими. Однако нередко встречаются существенные отклонения от указанных значений периодов. Некоторые жесткие здания

могут иметь периоды колебаний больше, чем у малоэтажных.

В зданиях с жесткой конструктивной схемой (каменные, крупноблочные, крупнопанельные, объемно-блочные, монолитные и т. п.) снижение сейсмической нагрузки достигается главным образом благодаря уменьшению массы конструкции.

2. Принцип равномерного распределения жесткостей и масс в жилых зданиях, т. е. несущих элементов (стены), необходимо равномерно и симметрично распределять по этажам здания (до 4 этажей). Отсюда вытекает требование – строительный материал должен быть по возможности одинаковым.

Этот принцип предусматривает расположение стен в плане симметрично относительно продольной и поперечной оси жилого здания и простую форму в плане, что исключает возможность возникновения кручения.

В тех случаях, когда по архитектурно-планировочным соображениям нельзя избежать сложной конфигурации жилого здания в плане, его разделяют антисейсмическими швами на отсеки простой формы. Антисейсмическими швами также разделяют смежные участки жилого здания, если они имеют значительные высоты.

3. Принцип монолитности и равномерности элементов зданий обеспечивается расположением стыковых соединений сборных элементов по возможности вне зоны максимальных усилий, возникающих при землетрясениях. Соблюдение этого принципа обеспечивает, в частности, совместную работу стен и перекрытий, т. е. позволяет рассматривать здание из местных материалов как пространственную конструкцию.

4. Принцип обеспечения условий, облегчающих развитие в элементах конструкций пластических деформаций при возможной их перегрузке во время землетрясений, т. е. чтобы во время сейсмического воздействия конструкции не разрушались хрупко, а имели возможность пластической работы. В этом случае здание приобретает при перегрузках свойство адаптации, так как повышение податливости за счет пластических деформаций сопровождается повышенным поглощением энергии сейсмического воздействия и затуханием колебаний.

Учитывая это, конструкции из местных материалов как естественных, так и искусственных, а также из бетона, склонные к хрупкому разрушению, армируют.

Также сформулированы основные принципы проектирования сейсмостойких зданий

по конструктивному решению, возводимых в сейсмических районах: каркасные, объемно-блочные, крупнопанельные, со стенами из крупных блоков, со стенами из монолитного бетона, со стенами комплексной конструкции, с несущими стенами из кирпича или камня, деревянные здания со стенами из местных материалов.

Для обеспечения надежности и экономичности зданий с сейсмоизолирующими опорами сформулирован следующий принцип: несущая конструкция экономичного и надежного сейсмостойкого жилого здания должна быть пространственно жесткой и должна опираться на сейсмоизолирующие опоры, ограничивающие сейсмическую нагрузку, передаваемую на здание, в пределах 6 баллов, т. е. 0,05 g.

На основе сформулированного принципа получены патентоспособные решения, дающие экономический эффект 12–24 % по сравнению со зданиями, рассчитанными на землетрясения 8 и 9 баллов по пассивной сейсмозащите.

По конструктивной схеме здания из местных материалов можно разделить на каркас (деревянный) в обоих направлениях, продольный каркас, поперечный каркас, неполный или внутренний каркас и несущие наружные стены, каркас с безригельным перекрытием.

В зданиях с полным каркасом в обоих направлениях обеспечивается более равномерное распределение масс и жесткостей по данным направлениям осей зданий.

В сейсмостойком строительстве здания с несущим поперечным каркасом встречаются чаще, и им отдается большее предпочтение, чем с продольным.

В зданиях с неполным или внутренним каркасом при землетрясении происходит неравномерное распределение сейсмических сил между несущими элементами, что приводит к недоиспользованию несущей способности колонн (деревянный каркас). Поэтому применение их должно быть ограничено, и только при расчетной сейсмичности 7 и 8 баллов допускается применение зданий с наружными каменными стенами и внутренними железобетонными или металлическими рамами (стойками) при соблюдении требований, установленных для каменных зданий. При этом следует иметь в виду, что высота таких зданий не должна превышать 7 м.

В сейсмических районах осуществляется строительство одноэтажных и многоэтажных зданий как с железобетонным, так и металлическим каркасом.

Железобетонные каркасы гражданских зданий по способу восприятия горизонтальных сейсмических нагрузок можно разделить на каркасы рамной системы и каркасы рамной системы с вертикальными диафрагмами жесткости.

В зданиях рамной системы горизонтальные нагрузки воспринимаются каркасом, однако при значительной высоте и небольших размерах в плане эти здания отличаются повышенной деформативностью. Для этой системы характерно неравномерное распределение по высоте изгибающих моментов от горизонтальных нагрузок, что затрудняет унификацию при выполнении каркаса из сборного железобетона.

Применение этой системы уменьшает и выравнивает изгибающие моменты от горизонтальных нагрузок в элементах рам, что обеспечивает унификацию элементов каркасов. Одно из них в группе одинаковых четырехэтажных железобетонных зданий почти полностью опрокинулось, некоторые погрузились в толщу разжиженного грунта. Здание наклонялось медленно, и, как сообщила одна из газет, женщина, развешивавшая белье в момент землетрясения на крыше этого здания, смогла спокойно перейти с крыши на стену и спуститься на землю [1–10].

В результате уплотнения песков примерно 1/3 территории города претерпела резкие опускания, местами достигшие 2 м. Одновременно из “песчаных вулканов”, образовавшихся по краям тяжелых зданий, и многочисленных крупных трещин произошло излияние грунтовых вод.

Неблагоприятными в сейсмическом отношении условиями участка строительства являются также сильная расчлененность рельефа местности (обрывистые берега, овраги, ущелья и др.), выветрелость и нарушенность пород физико-геологическими процессами, высокая просадочность грунтов, осыпи, отвалы, пльвуны, горные выработки и близкое расположение тектонических разрывов. При необходимости строительства зданий и сооружений в этих условиях следует принимать дополнительные меры по укреплению оснований и усилению конструкций.

В результате проведенного инженерного анализа существующих принципов конструирования зданий и последствий сильных землетрясений можно сформулировать следующие принципы конструирования малоэтажных сейсмостойких зданий:

1. Несущая конструкция малоэтажного сейсмостойкого здания должна быть пространственно жесткой и симметричной, т. е. при землетрясении в здании не должно возникать кру-

чение, приводящее к потере работоспособности несущей конструкции малоэтажного здания.

2. Фундамент малоэтажного здания, размещенный в грунте категории I, должен быть ленточным, монолитным, железобетонным. Такое выполнение фундамента позволяет осуществить перераспределение усилий в несущих конструкциях надземной части малоэтажного здания с фундаментом при землетрясении, т. е. повышает надежность малоэтажного здания.

3. Фундамент малоэтажного здания, размещенный в грунтах категории II и III, должен быть монолитным, выполненным в виде железобетонной плиты. Такое выполнение фундамента защищает здание от больших осадок и наклонов при землетрясении, т. е. повышает надежность малоэтажного здания, построенного на неблагоприятных грунтовых условиях.

4. В малоэтажных сейсмостойких зданиях должно быть предусмотрено образование шарнира пластичности, размещенного между надземной частью здания и фундаментом, и шарнир пластичности необходимо выполнять из пластичных металлов в виде сейсмоизолирующих опор. Такое выполнение снижает сейсмическую нагрузку, передаваемую на надземную часть здания, т. е. обеспечивает экономичность малоэтажного сейсмостойкого здания [1, 10].

Настоящая исследовательская работа направлена на комплексное рассмотрение проблем сейсмо- и теплозащиты, а также в результате проведенного инженерного анализа существующих принципов конструирования можно дополнительно рассматривать принципы сейсмо- и теплостойких жилых зданий.

Основной задачей является обеспечение проектирования тепловой защиты зданий при заданном расходе тепловой энергии на поддержание установленных параметров микроклимата их помещений. При этом в здании также должны обеспечиваться санитарно-гигиенические условия.

Установлены три обязательных взаимно увязанных нормируемых показателя по тепловой защите здания, основанных на:

- нормируемых значениях сопротивления теплопередаче для отдельных ограждающих конструкций тепловой защиты здания;
- нормируемых величинах температурного перепада между температурами внутреннего воздуха и на поверхности ограждающей конструкции и температурой на внутренней поверхности ограждающей конструкции выше температуры точки росы;

- нормируемом удельном показателе расхода тепловой энергии на отопление, позволяющем варьировать величинами теплозащитных свойств ограждающих конструкций с учетом выбора систем поддержания нормируемых параметров микроклимата.

Требования будут выполнены, если при проектировании жилых зданий будут соблюдены требования показателей групп “1” и “2” либо “2” и “3”, и для зданий производственного назначения – показателей групп “1” и “2”. Выбор показателей, по которым будет вестись проектирование, относится к компетенции проектной организации или заказчика.

Требованиям *показателей “2”* должны отвечать все виды ограждающих конструкций: обеспечивать комфортные условия пребывания человека и предохранять поверхности внутри помещения от увлажнения, намокания и появления плесени.

По *показателям “3”* проектирование зданий осуществляется путем определения комплексной величины энергосбережения от использования архитектурных, строительных, теплотехнических и инженерных решений, направленных на экономию энергетических ресурсов. При необходимости в каждом конкретном случае возможно установить меньшие, чем по показателям “1”, нормируемые сопротивления теплопередаче для отдельных видов ограждающих конструкций.

В процессе проектирования здания определяется расчетный показатель удельного расхода тепловой энергии, который зависит от теплозащитных свойств ограждающих конструкций, объемно-планировочных решений здания, тепловыделений и количества солнечной энергии, поступающих в помещения здания, эффективности инженерных систем поддержания требуемого микроклимата помещений и систем теплоснабжения. Этот расчетный показатель не должен превышать нормируемый показатель.

Проектирование по показателям “3” дает следующие преимущества:

- обеспечивается энергосберегающий эффект за счет комплексного проектирования теплозащиты здания и учета эффективности систем теплоснабжения;
- большую свободу выбора проектных решений при проектировании зданий.

Выбор теплозащитных свойств ограждающих конструкций следует выполнять в приведенной ниже последовательности:

- выбирают наружные климатические параметры (согласно району строительства) и рассчитывают градусо-сутки отопительного периода.

По *показателям “1”* выбор теплозащитных свойств ограждающих конструкций согласно нормируемым значениям ее элементов выполняют в нижеприведенной последовательности:

- определяют нормируемые значения сопротивлений теплопередаче $R_{\text{рег}}$ ограждающих конструкций (наружных стен, покрытий, чердачных и цокольных перекрытий, окон и фонарей, наружных дверей и ворот) по градусо-суткам отопительного периода; проверяют на допустимую величину расчетного температурного перепада Δt_n .

По *показателям “3”* выбор теплозащитных свойств ограждающих конструкций на основе нормируемого удельного расхода тепловой энергии на отопление здания выполняют в следующей последовательности:

- определяют в качестве первого приближения поэлементные нормы по сопротивлению теплопередаче $R_{\text{рег}}$ ограждающих конструкций (наружных стен, покрытий, чердачных и цокольных перекрытий, окон и фонарей, наружных дверей и ворот) в зависимости от градусо-суток отопительного периода;
- назначают класс здания (1, 3 или 2) по энергетической эффективности и в случае выбора класса 1 или 3 устанавливают процент снижения нормируемых удельных расходов в пределах нормируемых величин отклонений;
- определяют нормируемое значение удельного расхода тепловой энергии на отопление здания $Q_{\text{H,рег}}$ в зависимости от класса здания, его типа и этажности и корректируют это значение в случае назначения класса 1 или 3 и подключения здания к децентрализованной системе теплоснабжения или стационарному электроотоплению;
- рассчитывают удельный расход тепловой энергии на отопление здания за отопительный период $Q_{\text{H,des}}$. Расчет заканчивают в случае, если расчетное значение не превышает нормируемое. Если расчетное значение $Q_{\text{H,des}}$ меньше нормируемого значения $Q_{\text{H,рег}}$, то осуществляют перебор следующих вариантов с тем, чтобы расчетное значение не превышало нормируемое;
- понижением по сравнению с нормируемыми значениями уровня теплозащиты для отдельных ограждений здания, в первую очередь, для стен;

- изменением объемно-планировочного решения здания (размеров, формы и компоновки из секций);
- выбором более эффективных систем теплоснабжения, отопления и вентиляции и способов их регулирования;
- комбинированием предыдущих вариантов.

В результате перебора вариантов определяются новые значения нормируемых сопротивлений теплопередаче $R_{\text{рег}}$ ограждающих конструкций (наружных стен, покрытий, чердачных и цокольных перекрытий, окон, витражей и фонарей, наружных дверей и ворот), которые могут отличаться от выбранных в качестве первого приближения как в меньшую, так и в большую сторону. Это значение не должно быть ниже минимальных величин. Проверяют на допустимую величину расчетного температурного перепада Δt_n [9, 10].

Таким образом, для создания надежного, экономичного малоэтажного сейсмостойкого и теплостойкого здания расчетная модель здания должна быть адекватна объемно-планировочному решению здания.

Совместно рассматривая и применяя эти сейсмотеплотехнические комплексные принципы в инженерной практике, можно создавать надежные и экономичные сейсмостойкие и теплостойкие малоэтажные здания.

Литература

1. *Кутуев М.Д.* Теория и практика сейсмозащиты сооружений / М.Д. Кутуев, Б.Т. Укуев, Б.С. Матозимов, Э.М. Мамбетов. Бишкек, 2010. 370 с.
2. *Токтонасаров Ж.М.* Стохастический метод расчета гибких зданий, жестко заделанных на фундамент, на сейсмостойкость / Ж.М. Токтонасаров, Б.С. Матозимов // Вестник КГУСТА. Вып. 2 (8). Бишкек, 2005. С. 25–31.
3. *Поляков С.В.* Современные методы сейсмозащиты зданий / С.В. Поляков, Л.Ш. Килимник, А.В. Черкашин. М.: Стройиздат, 1989. 320 с.
4. *Хачиян Э.Е.* Динамические модели сооружений в теории сейсмостойкости / Э.Е. Хачиян, В.А. Амбарцумян. М.: Наука, 1981. 203 с.
5. *Токтонасаров Ж.М.* Заявка № 20060008.2. Положительное решение о выдаче патента от 14.11.2006. Гибкое сейсмостойкое здание. Бишкек, 2006. 2 с.
6. *Матозимов Б.С.* Анализ уравнений свободного незатухающего колебания / Б.С. Матозимов, Ж.М. Токтонасаров // Известия ОшТУ. Вып. 2. 2005. С. 57–59.
7. *Кутуев М.Д.* Экспериментальный проект гибкого здания с шарнирами пластичности / М.Д. Кутуев, Б.С. Матозимов, Ж.М. Токтонасаров. Вып. 2. Казахстан. Тараз, 2005. С. 231–236.
8. СНиП КР 23-01-2009. 21-10-2009-А. Строительная теплотехника (Тепловая защита зданий).
9. КР 23.101-2009. 11.12.2009. Проектирование тепловой защиты зданий.
10. *Матозимов Б.С.* Современное состояние сейсмостойкости / Б.С. Матозимов // Вестник КазАТК им. М. Тынышпаева. Вып. 2 (2). Алматы, 2005. С. 11–16.