

ТИТЧЕНКО АЛЕКСЕЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ

**Разработка рекомендаций по повышению сейсмостойкости
малоэтажных деревянных зданий массовой застройки**

6M072900 - Строительство

Автореферат
диссертация на соискание степени
магистра техники и технологии

Республика Казахстан
г. Усть-Каменогорск, 2011

Работа выполнена в Восточно-Казахстанском государственном техническом университете им. Д. Серикбаева

Научный руководитель:

кандидат технических наук,
Хапин А.В.

Официальный оппонент:

директор ТОО «ИПЦ Востоккранэнерго»
Подскребко С.Н.

Защита состоится 20 июня 2011 г. в 9 в Восточно-Казахстанском Государственном Техническом Университете (ВКГТУ) им. Д. Серикбаева по адресу: г. Усть-Каменогорск, ул. Серикбаева 19 ауд. Г - 1 - 206.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат технических наук

Герасимов Е.П.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Землетрясения – причина опасных катастроф, уносящих человеческие жизни и вызывающих опустошительные разрушения на огромных пространствах. Сегодня человечество не в силах предотвратить землетрясения. Но инженеры обязаны строить такие здания, которые обеспечивают сейсмобезопасность.

К числу таких зданий относятся деревянные, высокая сейсмостойкость которых обеспечивается легкостью и другими преимуществами древесины как конструкционного материала. Так, во время разрушительного землетрясения 1923 года интенсивностью 9-10 баллов в Токио было разрушено или сильно повреждено 87% кирпичных домов и только 11% деревянных. В 1978 году во время землетрясения интенсивностью 8 баллов в Алма-Атинской области каркасные и рубленые деревянные дома, построенные без антисейсмических усилений, получили в основном повреждения первой степени, в то время как кирпичные здания – повреждения третьей и четвертой степени. Без существенных повреждений перенес разрушительное Кеминское землетрясение 1911 года деревянный собор в г. Верный, который до настоящего времени украшает один из парков Алматы.

Повышенная сейсмостойкость деревянных зданий нашла отражение в сейсмической шкале MSK-64 (К), в которой они отнесены к типу В наравне с современными каркасными и панельными домами.

В то же время в современных нормах проектирования рекомендации по проектированию сейсмостойких деревянных зданий отсутствуют.

Между тем малоэтажное деревянное домостроение интенсивно развивается, что обосновывает актуальность исследований по обеспечению сейсмобезопасности таких объектов.

Целью работы является разработка рекомендаций по повышению сейсмостойкости малоэтажных деревянных зданий массовой застройки.

Объекты исследований: конструктивные решения малоэтажных домов с позиций обеспечения сейсмостойкости и с учетом последствий имевших место землетрясений.

В соответствии с поставленной целью в диссертационной работе решаются следующие задачи:

- анализ конструктивных решений малоэтажных деревянных зданий, строящихся в Восточном Казахстане и выпускаемых местными фирмами;
- выявление конструктивных недостатков, усугубляющих опасность повреждений при землетрясении;
- проверочные расчеты деревянных зданий на особое сочетание нагрузок с учетом сейсмического воздействия;
- разработка рекомендаций по сейсмоусилению малоэтажных деревянных зданий.

Методы исследования расчетно-теоритические. Они включают анализ последствий землетрясений в разных странах мира, выполнение проверочных расчетов, проектирование элементов усиления зданий.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов диссертации подтверждается результатами анализа последствий землетрясений, проверочными расчетами, выполненными с использованием закономерностей строительной механики.

Научная новизна работы состоит в том, что:

- обоснованы преимущества древесины, как конструкционного материала для сейсмостойкого строительства, по сравнению с традиционными конструкциями (каменные и железобетонные);
- разработаны рекомендации по повышению жесткости малоэтажных деревянных зданий, стен, междуэтажного и чердачного перекрытий.

На защиту выносятся следующие положения:

- анализ конструктивных решений малоэтажных деревянных зданий, строящихся в Восточном Казахстане и выпускаемых местными фирмами;
- выявление конструктивных недостатков, усугубляющих опасность повреждений при землетрясении;
- проверочные расчеты деревянных зданий на особое сочетание нагрузок с учетом сейсмического воздействия;
- разработка рекомендации по повышению жесткости деревянных зданий, стен, междуэтажного и чердачного перекрытий.

Практическая ценность работы заключается: в применении разработанных рекомендаций предприятиями нашего региона при проектировании и изготовлении строительных конструкций малоэтажных жилых домов массовой застройки.

Реализация результатов работы: результаты исследований переданы в строительные организации нашего города ТОО «Парадиз» и ТОО «Мир дерева» для использования в проектировании и строительстве, а так же реконструкции малоэтажных деревянных домов массовой застройки для нашего региона.

Апробация и публикации работы. Результаты работы докладывались на научных семинарах кафедры «Строительство зданий сооружений и транспортных коммуникаций» в ноябре 2010 года, в апреле 2011 года и на научно-технической конференции ВКГТУ им. Д. Серикбаева в мае 2011 года.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и основных выводов, списка использованных источников, включающего 15 наименований русскоязычных и иностранных авторов. Объем диссертации 70 страниц, 20 рисунка, 12 таблиц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении дана общая характеристика работы, обоснована её актуальность, показана научная новизна темы, приведены цели и задачи

исследования, сформулирована проблема и практическая значимость выполненной работы.

В первой главе выявлена оценка целесообразности использования деревянных конструкций в сейсмостойком строительстве.

Древесина обладает рядом достоинств. Но для нашего региона наиболее важными качествами деревянных конструкций являются те, которые повышают сейсмостойкость объектов:

1 В первую очередь это малая масса. Деревянные каркасы легче железобетонных примерно в 3-5 раз, стальных – в 2-3 раза; для каменных зданий этот разрыв достигает 6-8 раз.

Так относительная прочность древесины без пороков, при растяжении равна:

$$c = \frac{\sigma_6}{\gamma_{об}} = \frac{1000 \text{ кг} / \text{см}^2}{500 \text{ кг} / \text{м}^3} = 2$$

Относительная прочность стали марки Ст3 равна:

$$c = \frac{\sigma_6}{\gamma_{об}} = \frac{3800 \text{ кг} / \text{см}^2}{7850 \text{ кг} / \text{м}^3} = 0,5$$

Из данных показателей видно, что древесина по относительной прочности превосходит сталь в 4 раза. Примерно в этих же соотношениях снижаются инерционные сейсмические силы, возникающие при землетрясениях.

2 Важным фактором, определяющим повышенную сейсмостойкость деревянных зданий, являются реологические свойства древесины. Поскольку сейсмические нагрузки относятся к динамическим, их действие кратковременное.

Изучены конструктивные решения малоэтажных деревянных зданий, выпускаемых местными строительными организациями.

Выявлены типы деревянных зданий и области их применения. Сборно-щитовые и рубленые здания могут применяться в строительстве малоэтажных домов. Они предназначены для строительства жилых и общественных зданий, к числу которых можно отнести также санатории, базы отдыха, гостиницы и т.д.

В настоящее время увеличилось строительство рубленых зданий, так как применяется новый метод обработки бревен – оцилиндровка. Оцилиндрованные бревна и брусья имеют постоянное поперечное сечение, отличаются ровной поверхностью, т.к. бревна обрабатывают по четко заданным параметрам. Такие дома привлекают внимание своим аккуратным видом, к тому же дома из оцилиндрованных бревен возводятся гораздо быстрее, чем из бревен ручной рубки. Это не только сокращает сроки строительства, но и упрощает возведение данного типа здания.

Во второй главе выявлены конструктивные недостатки, усугубляющие опасность повреждений при землетрясении деревянных домов разных конструктивных решений.

Анализ повреждения деревянных зданий после землетрясений показал, в каком направлении следует работать для повышения их сейсмостойкости. На основе такого анализа выявлен характер повреждений для каждого типа здания и причины, их вызывающие.

Конструктивные недостатки, усугубляющие опасность повреждений при землетрясении деревянных зданий следующие:

- слабое крепление надземной части зданий к фундаментам, в результате чего при землетрясении они сдвигаются и могут опрокинуться;
- недостаточная жесткость надземной части, что приводит к перекосам стен;
- недостаточная жесткость чердачных перекрытий, особенно при большой длине, когда сказывается деформация кручения;
- применение наслонной системы стропил вместо висячей, в результате чего распирающее воздействие стропильных конструкций передается на стены и вызывает потерю устойчивости;
- перекосы крыши из-за отсутствия связей жесткости между стропильными ногами и угловых диагональных элементов в уровне мауэрлата.

В каркасных зданиях под действием сейсмической нагрузки возможны перекосы каркасов, вызванные недостаточной жесткостью перекрытий, частичное обрушение материала заполнения стен вследствие ненадежного их крепления с элементами каркаса. Может также произойти горизонтальное смещение здания относительно фундаментов, вызванное недостаточным креплением нижних обвязок.

В рубленых зданиях при землетрясении возможна потеря устойчивости здания вследствие недостаточного крепления сопряжений бревен в углах здания. При сильных землетрясениях сруб может рассыпаться на отдельные бревна.

В сборно-щитовых зданиях возможны перекосы стен, вызванные недостаточным креплением отдельных щитов между собой. Из-за малой жесткости междуэтажных и чердачных перекрытий они не выполняют функцию жестких дисков и не остаются прямоугольными во время землетрясения. В здании возникают крутящие моменты, которые приводят к перекосам всей надземной части.

В третьей главе проведен проверочный расчет зданий, выпускаемых местными организациями, на особое сочетание нагрузок с учетом сейсмического воздействия.

Вначале произведен расчет поэтажных вертикальных нагрузок для панельного и рубленого деревянных зданий. Поэтажные вертикальные нагрузки необходимы для вычисления горизонтальных сейсмических сил,

действующих на здание. Они включают собственный вес конструкций и временные нагрузки.

Поэтажные вертикальные нагрузки прикладывают на дискретной расчетной схеме (рисунок 1). Для их вычисления вначале делят здание условными горизонтальными плоскостями посередине высоты каждого этажа. Затем подсчитывают все нагрузки, которые попадают между ними, и находят их суммы.



Рисунок 1 – расчетная схема поэтажных вертикальных нагрузок. а) деревянный дом из бруса; б) деревянный панельный дом в три этажа

При определении поэтажных вертикальных нагрузок учитывают коэффициенты сочетания: для постоянных нагрузок $\eta_c = 0,9$; для временных длительных (например, нагрузка на междуэтажные перекрытия) – $0,8$; для кратковременных (например, снеговая) – $0,5$.

Составляющие вертикальных нагрузок от равномерно распределенных, действующих на перекрытия, определяются по формуле

$$Q = S * q * \Psi_f * \eta_c$$

где S – грузовая площадь, с которой собирается нагрузка, m^2 ;

q – равномерно распределенная по площади нормативная нагрузка, kN/m^2 ;

Ψ_f – коэффициент надежности по нагрузке;

η_c – коэффициент сочетания.

В итоге расчета определяются суммарные сосредоточенные нагрузки, действующие на здание на уровнях междуэтажных и чердачного перекрытий в момент сейсмического воздействия.

После этого были рассчитаны горизонтальные сейсмические нагрузки по спектральному анализу (рисунок 2). В связи с хаотичными колебаниями

грунта сейсмические нагрузки могут иметь любое направление в пространстве. Для зданий простой геометрической формы их принимают горизонтальными в направлении продольных и поперечных осей здания.



Рисунок 2 - сейсмические нагрузки при интенсивности землетрясения 7 баллов.

Расчетная сейсмическая нагрузка S_{ik} , приложенная к точке k и соответствующая i -той форме собственных колебаний, определяется по формуле

$$S_{ik} = k_1 * k_1 * k_1 * S_{oik},$$

где S_{oik} – сейсмическая нагрузка в предположении упругого деформирования конструкции,

$$S_{oik} = Q_k * A * \beta_i * k_0 * k_\psi * \eta_{ik}$$

Q_k – вес здания, отнесенный к точке k ;

A – коэффициент сейсмичности, зависит от балльности района строительства и принимается равным 0,125; 0,25; 0,5; 0,8 при сейсмичности соответственно 7, 8, 9 и 10 баллов;

β_i – динамический коэффициент, определяется в зависимости от периода колебаний и категории грунтов по сейсмическим свойствам(1). При малых периодах колебаний ($T_1 \leq 0,48$ сек), характерных для малоэтажных зданий, $\beta_i = 2,5$;

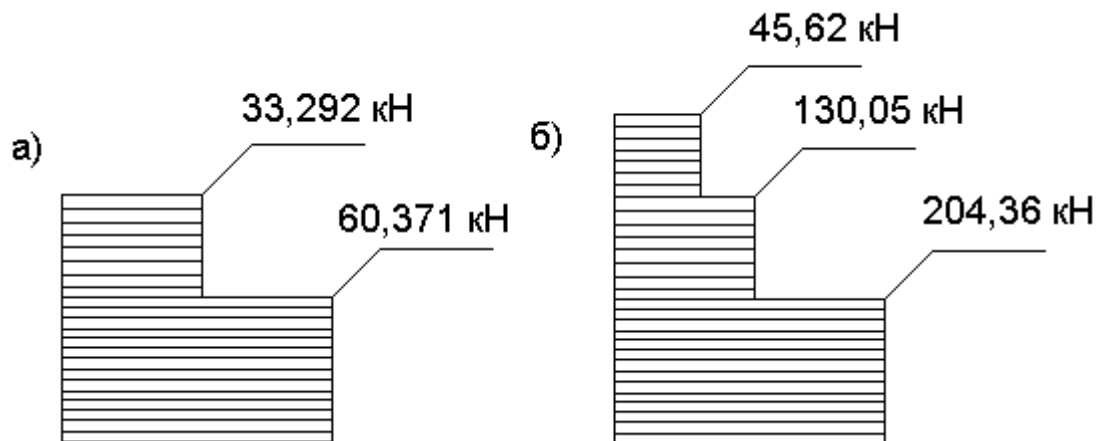
k_0 – коэффициент, учитывающий грунтовые условия площадки строительства;

k_ψ - коэффициент, учитывающий способность объекта к рассеиванию энергии колебаний;

η_{ik} – коэффициент формы колебаний, зависящий от формы деформаций здания при его собственных колебаниях.

В результате проведенных расчетов были вычислены сдвигающие силы в уровне чердачного и межэтажного перекрытий и построены их эпюры

(рисунок 3). На эти усилия были рассчитаны узлы крепления деревянных конструкций зданий, найдено требуемое количество крепежного материала при разной интенсивности землетрясений. Сделаны соответствующие выводы по усилению слабых мест конструкций.



а – одноэтажный деревянный дом из бруса; б – деревянный панельный дом в два этажа

Рисунок 3 – эпюра горизонтальных поперечных сейсмических сил.

В четвертой главе разработаны рекомендации по повышению жесткости деревянных зданий, стен, междуэтажного и чердачного перекрытий.

Сейсмостойкость деревянных домов повышается, если рассматриваемые здания имеют пространственную жесткость, которая обеспечивается:

- компоновкой здания или сооружения таким образом, чтобы здание имело достаточное количество продольных и поперечных стен, расположенных на равных или близких расстояниях друг от друга и по возможности симметрично относительно главных осей;
- повышением жесткости основных несущих элементов в их плоскости;
- обеспечением прочного крепления вертикальных конструкций между собой и креплением с горизонтальными диафрагмами перекрытий;
- устройством безраспорной системы стропил, надежно скрепленных с вертикальными несущими конструкциями здания;
- обеспечением прочного крепления стен к фундаментам или к цоколю, что имеет для деревянных зданий особо важное значение не только из соображений увеличения пространственной жесткости здания, но и как предупреждения возможного скольжения здания относительно фундаментов при действии горизонтальных сейсмических сил.

По этой причине были выделены три основные группы рекомендаций по сейсмоусилению деревянных зданий в зависимости от их конструктивного решения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проделанной работы:

Разработаны рекомендации по повышению жесткости деревянных зданий, стен, междуэтажного и чердачного перекрытий

Рекомендации переданы в строительные организации нашего региона ТОО «Парадиз» и ТОО «Мир дерева» для дальнейшего использования при совершенствовании конструктивных решений малоэтажных деревянных домов для повышения их сейсмостойкости.

Таким образом, подтверждено, что деревянные здания являются наиболее сейсмостойкими в сравнении со зданиями других конструктивных систем. А значит, целесообразно расширение их строительства в сейсмоопасных районах.

Диссертация выполнена в соответствии с действующими требованиями, полностью отвечает поставленным задачам.

SUMMARY

This work covers the investigation of seismic safety and structural improvement of low-rise wooden buildings.

The next problems are solved in a compliance with the goal of the thesis:

- the test of structure of low-rise wooden buildings, which are built in East Kazakhstan and which are produced by local companies was made

- the defects of structure, which increase the danger of damage during earthquake were revealed

- the estimations which tests wooden buildings on a special combination of stresses taking into consideration the seismic exposure were accomplished

- the recommendations by seismic intensification of low-rise wooden buildings were worked out

Thus it is confirmed that wooden buildings are the most quakeproof in comparison with buildings of other structural materials. Therefore the expansion of these buildings is advisable in quake risky regions.

Taking into account the tests of wooden buildings damage after earthquake the recommendations by seismic intensification and projecting of quakeproof wooden buildings were worked out.

These recommendations were passed to the construction companies of our region – “Paradis” company and “The Wood World” company for introduction for the purpose of structural improvement of low-rise wooden buildings and increasing of their seismic stability.

АҢДАТПА

Бұл жұмыс сейсмикалық қауіпсіздік пен аз қабатты ағаш ғимараттардың конструктивті шешімдерін жетілдіру мәселелерін зерттеуге арналған.

Көзделген мақсатқа сәйкес диссертациялық жұмыста төмендегі міндеттер шешіледі:

- Шығыс Қазақстанда салынып, жергілікті фирмалармен жасалатын аз қабатты ағаш ғимараттардың конструктивті шешімдерінің талдауы
- жер сілкіну кезеңінде қауіп төндіретін конструктивті кемшіліктерді ашу
- ағаш ғимараттардың сейсмикалық ықпалдың салмақ күшіне сәйкестігін тексеру есебі
- аз қабатты ағаш ғимараттардың сейсмикалық деңгейін күшейту жөнінде ұсыныстар жасалды.

Ағаш құрылысын сейсмикалық берік құрылыста пайдаланылудың мақсатты бағасы шығарылды.

Түрлі конструктивті шешімді ағаш үйлердің жер сілкіну кезеңінде қауіп төндіретін конструктивті кемшіліктерін ашу.

Жергілікті ұйымдармен сейсмикалық ықпалдың салмақ күшіне сәйкес салынатын ғимараттарды тексеру есебі жүргізілді.

Ағаш ғимараттары, қабырғалары, қабатаралық және үстіңгі жабын төзімділігін арттыру мақсатында ұсыныстар жасалды.

Сонымен, ағаш ғимараттардың өзге құрылыс материалдардан салынған ғимараттармен салыстырғанда әлдеқайта сейсмикалық берік екендігі дәлелденді. Ол дегеніміз – сейсмикалық қауіпті аудандарда осындай құрылыс ауқымын кеңейту өз жалғасын табады.

Ағаш ғимараттардың жер сілкінісінен кейінгі халын ескере отырып, сейсмикалық күшейту және сейсмикалық төзімді ғимарат жобалауға арналған ұсыныстар берілді.

АННОТАЦИЯ

Данная работа посвящена исследованию сейсмобезопасности и совершенствованию конструктивных решений малоэтажных деревянных зданий.

В соответствии с поставленной целью в диссертационной работе решаются следующие задачи:

- анализ конструктивных решений малоэтажных деревянных зданий, строящихся в Восточном Казахстане и выпускаемых местными фирмами
- выявление конструктивных недостатков, усугубляющих опасность повреждений при землетрясении
- проверочные расчеты деревянных зданий на особое сочетание нагрузок с учетом сейсмического воздействия
- разработаны рекомендации по сейсмоусилению малоэтажных деревянных зданий.

Выявлена оценка целесообразности использования деревянных конструкций в сейсмостойком строительстве.

Выявлены конструктивные недостатки, усугубляющие опасность повреждений при землетрясении деревянных домов разных конструктивных решений.

Проведен проверочный расчет зданий, выпускаемых местными организациями, на особое сочетание нагрузок с учетом сейсмического воздействия.

Разработаны рекомендации по повышению жесткости деревянных зданий, стен, междуэтажного и чердачного перекрытий.

Таким образом, подтверждено, что деревянные здания являются наиболее сейсмостойкими в сравнении со зданиями других конструкционных материалов. А значит, целесообразно расширение их строительства в сейсмоопасных районах.

С учетом проведенного анализа повреждений деревянных зданий после землетрясений разработаны рекомендации по сейсмоусилению и проектированию сейсмостойких деревянных зданий.

