ИНЖЕНЕРНЫЙ АНАЛИЗ ПОСЛЕДСТВИЙ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Е.М. Шокбаров (1)

к.т.н., Директор центра сейсмостойкости зданий и сооружений, Казахский Научно-Исследовательский и Проектный Институт Строительства и Архитектуры (КазНИИСА), Республика Казахстан, г. Алматы, ул. Солодовникова, 21, Eralykarakat@mail.ru

Аннотация: В водной части данной работы дается краткое описание последних землетрясений, произошедших за последние годы в Республике Казахстан. Далее изложена более подробная информация о последствиях землетрясения: масштабы разрушения, порядок работ при ликвидации последствий землетрясения, методы усиления зданий. В конце статьи говорится о работах «КазНИИССА», проделанных в области ликвидации последствий землетрясения для существующей застройки.

Ключевые слова: землетрясение, ликвидация, здания из саманных блоков.

ENGINEERING ANALYSIS OF THE EARTHQUAKE CONSEQUENCES IN THE TERRITORY OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

Eraly M. Shokbarov (1)

Candidate of Engineering Sciences, Director of the Centre of Earthquake Resistance of Buildings and Structures, Kazakh Scientific-Research and Design Institute of Construction and Architecture (KazNIISA), Republic of Kazakhstan, Almaty city, Solodovnikova street 21, Eralykarakat@mail.ru

Abstract: The short description of the last earthquakes, which have occurred in recent years in the Republic of Kazakhstan is given in the prolog of this work. Furthermore, detailed information on earthquake consequences is stated: destruction scales, order of works at elimination of consequences of an earthquake, strengthening methods for buildings. At the end of article, it is spoken about done works of «KazNIISSA», performed in the field of elimination of consequences of an earthquake for existing building.

Key words: earthquake, elimination, buildings from adobe block materials.

КАЗАКСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫН АЙМАКТАРЫНДАГЫ ЖЕР ТИТИРӨӨНҮН КЕСЕПЕТТЕРИНЕ ИНЖЕНЕРДИК ТАЛДОО

Е.М. Шокбаров ⁽¹⁾

т.и.к., Казахстан имараттардын жана курулмалардын сейсмотуруштуулук борборунун директору, (КазНИИСА), Казахстан Республикасы, Алматы ш., Солодовников көч., 21, <u>Eralykarakat@mail.ru</u>

Аннотация: Бул иштин кириш бөлүгүндө Казакстан Республикасында акыркы жылдары болуп өткөн жер титирөөлөргө кыскача баяндоолор берилет. Андан ары жер титирөөнүн кесепеттери: бузулуунун масштабы, жер титирөөнүн кесепетин жоюуда иштин тартиби, имараттарды бекемдөөнүн ыкмалары тууралуу кеңири маалымат

берилген. Макаланын аягында курулуштар үчүн жер титирөөнүн кесепеттерин жоюу тармагында аткарылган «КазНИИССА»нын иштери тууралуу айтылат.

Өзөктүү сөздөр: жер титирөө, жоюу, саман блокторунан салынган имараттар.

23 мая 2003 г. произошло Луговское землетрясение в южной части территории Республики Казахстан, западнее (350 км) г. Алматы, восточнее (100 км) г. Тараз, в точке с координатами: 43° 00 с.ш., 72° 44 в.д.

Эпицентр землетрясения расположен на территории станции Луговой и не совпадает с положением эпицентра, определенного по инструментальным данным. Ориентировочно эпицентр, определенный по инструментальным данным, расположен на расстоянии в 7 км в направлении на северо-запад от центра ст. Луговой. В зоне эпицентра при обследовании сейсмодислокации на поверхности грунта обнаружены не были.

Магнитуда землетрясения составила 5,4 при глубине очага (по разным оценкам) от 4 до 8 км.

Инструментальные данные о колебаниях грунта в эпицентральной зоне получены не были, поэтому интенсивность проявления землетрясения оценивалась на основании описательной части сейсмической шкалы MSK-64.

Афтершоки с интенсивностью до 3 баллов в эпицентральной зоне повторялись практически ежесуточно в течение первых 4 недель. Интенсивность проявления отдельных афтершоков в этот период наблюдения достигала 6 баллов. Землетрясение 23.05.2003 г. носило локальный характер и заметные повреждения в зданиях и сооружениях наблюдались в основном в пределах территории района Т. Рыскулова Жамбылской области. Землетрясение вызвало легкие, умеренные и тяжелые повреждения зданий (9707 жилых домов) на территории площадью не менее 1000 км2 со средним радиусом не менее 20 км. В зоне, наиболее пострадавшей от землетрясения, расположено семь сельских округов (15 населенных пунктов), в которых проживает 42 869 чел. В результате землетрясения погибло 3 человека, 26 получили ранения. Все погибшие являлись детьми школьного и дошкольного возраста. Основные результаты макросейсмического обследования приведены в табл. 1.

Таблица 1

N_{2}	Наименование	Интенсивность землетрясения
п.п	населенного пункта	в баллах
1	станция Луговая	7-8
2	село Енбекши	7
3	село Кызылшарва	7
4	село Кулан	6-7
5	село Каракыстак	6-7
6	село Акбулак	6-7
7	село Жалпаксаз	6-7
8	село Казах	6
9	село Тасшолак	6

10	Военный городок	6
11	село Жаксылык	6
12	Военный аэродром	5-6
13	село Кокдонен	5-6
14	село Курагаты	5-6
15	село Каракат	5-6
16	село Жанатурмыс	5-6

Примечание. В таблице приведены данные по населенным пунктам, в которых землетрясение проявилось с интенсивностью не менее 5 баллов.

В застройке в населенных пунктах преобладают одноэтажные жилые дома с несущими стенами из саманной кладки, общее количество индивидуальных жилых домов в зоне землетрясения составляет 8878 зданий, из которых 62% - саманные; 26% - кирпичные; 3% - деревянные; 2% - из железобетонных конструкций.

Наибольшую степень повреждений имели жилые дома на станции Луговой, где интенсивность проявления землетрясения по международной шкале MSK-64 составила от 7 до 8 баллов. На территории с интенсивностью землетрясения 7 баллов жилые дома получили повреждения от 2 до 3 степени. С интенсивностью землетрясения от 6 до 7 баллов жилые дома получили повреждения от 2 до 3 степени. С интенсивностью землетрясения 6 баллов жилые дома получили, в основном, повреждения 2 степени. С интенсивностью землетрясения от 5 до 6 баллов жилые дома получили, в основном, повреждения от 1 до 2 степени. При интенсивности землетрясения 5-6 баллов были серьезные повреждения. Практически все дома со стенами из саманной кладки при землетрясении получили повреждения не ниже 2 степени. Примерно 50 % этих домов получили повреждения от 2 до 3 степени, а отдельные - 4 и 5 степени (полное обрушение).

Столь серьезные повреждения жилых домов при интенсивности землетрясения 5-7 баллов объясняется низкой прочностью саманных блоков, использованных при строительстве. Средняя прочность саманных образцов на сжатие составила 3 кг/см2.

Небольшая группа представлена одна, двух и трехэтажными домами с несущими наружными и внутренними стенами из кирпичной кладки и деревянными или сборными железобетонными перекрытиями, а также со стенами из деревянных шпал. Повреждения саманных домов (см. рис. 1).





Наиболее сильные повреждения получили малоэтажные дома на станции Луговой с максимальной интенсивностью проявления землетрясения по шкале MSK-64 от 7 до 8 баллов. При этом в зданиях с деревянными перекрытиями степень повреждений была выше, чем в зданиях с железобетонными перекрытиями.

Дома с деревянными перекрытиями, расположенные в зоне с интенсивностью проявления землетрясения по шкале MSK-64 от 7 до 8 баллов, получили повреждения от 2 до 3 степени и рекомендованы к усилению с переводом в комплексные конструкции. Эти дома были рекомендованы к сносу.

Крупнопанельные дома выполнены с одним, двумя и четырьмя этажами. Конструктивная схема домов принята с несущими поперечными и продольными стенами из железобетонных панелей. Перекрытия четырехэтажных домов выполнены из панелей с опиранием по контуру. В результате землетрясения все несущие конструкции зданий этой группы получили незначительные повреждения в виде небольших трещин в швах между панелями перекрытий, осыпания на некоторых участках побелки и штукатурки. В целом несущие конструкции крупнопанельных зданий удовлетворительно перенесли землетрясения, и не требует усиления. Перегородки получили повреждения до 2 степени рекомендовано к усилению.

На территории пострадавшего от землетрясения района расположено 15 школ.

Семь школ выполнено с несущими кирпичными стенами. Перекрытия в пяти из них выполнены из сборных железобетонных многопустотных плит. В двух школах перекрытия выполнены из деревянных конструкций. Пять школ выполнено с несущими кирпичными стенами комплексной конструкции. Три школы выполнены с железобетонным каркасом. Одна школа выполнена с несущими деревянными стенами и одна школа выполнена с несущими стенами из саманной кладки. Школьные здания, подвергшиеся сейсмическим воздействиям интенсивности 6-8 баллов, также получили серьезные повреждения. Из пятнадцати зданий общеобразовательных школ:

Три, не имевших антисейсмических мероприятий, пришлось снести; вместо них к первому сентябрю возведены 3 новые школы.

Двенадцать, не смотря на наличие в них некоторых антисейсмических мероприятий пришлось усиливать. Все эти школы были введены в эксплуатацию к началу учебного года. Основные причины повреждений школьных зданий были связаны не столько с интенсивностью имевших место сейсмических воздействий, сколько с низким качеством строительства и допущенными отступлениями от проектных решений. Во всех учебных корпусах школ значения временного сопротивления кирпичной кладки Rp меняется в пределах от 0,3 до 0,7 кг/см2, что значительно ниже, чем установленных в нормах (не менее 1,2 см2).

Больницы и поликлиники - общее количество 18, из них 1-несущими деревянными стенами; 1-с несущими стенами из саманной кладки; 16-с несущими кирпичными стенами. А также большая группа административных зданий, объекты соцкультбыта, предприятия связи и гостиницы. В процессе ликвидации последствий землетрясения строительным организациям Республики Казахстан было усилено и

отремонтировано 4756 жилых домов и построено 2563 новых домов. 12 школ были усилены. Снесли 1 районную больницу, построили 1 новую больницу, 17 больниц были усилены. А все административные зданий подлежали к усилению.

Экономический ущерб, нанесенный землетрясением, превысил 120 млн. \$, из которых 95 млн. \$ (78%) - затраты на снос и новое строительство и 27 млн. \$ (22%) — затраты на усиление зданий и ремонтно-восстановительные работы. Ликвидация последствий землетрясения была выполнена собственными силами Республики Казахстан. Снос таких домов и возведение сейсмостойких, приведет к большим материальным затратам. Целесообразнее усиливать дома данной конструкции, что видно на примере Луговского землетрясения. Экономический анализ показывает, что строительство нового дома, отвечающего требованиям норм обходится примерно в 20 000\$, усиление пострадавшего дома — 5000\$. Кроме того, усиление домов значительно сокращает время введения жилья в эксплуатацию.

В двухнедельный срок были разработаны способы усиления зданий. Впервые в нашей практике было проведено массовое усиление саманных домов. Для получения комплексных конструкций было рекомендовано все несущие стены зданий усилить двусторонними вертикальными слоями высокопрочной армированной штукатурки на цементно-песчаном растворе марки не ниже 150 или торкретбетона и толщиной не менее 40 мм по арматурным сеткам из проволоки диаметром не менее 5 мм класса Вр-І. При предложенном способе усиления была получена жесткая пространственная состоящая ИЗ усиленных двусторонними вертикальными высокопрочной армированной штукатурки наружных и внутренних стен. С целью эффективности предложенного способа усиления были проведены инструментальные исследования динамических характеристик (периоды и форм собственных колебаний, логарифмические декременты) зданий школ до и после усиления.

Динамические испытания показали, что периоды собственных колебаний саманных домов с повреждениями 3 степени до усиления были равны, около 0,16 сек.

Периоды собственных колебаний саманных домов после усиления были равны, 0.04 сек.

Жесткость саманных домов после усиления увеличилась в среднем в 16 раз по сравнению с жесткостью не усиленных домов. Прочность цементно-песчаного раствора усиления определялась на 16-20 сутки после завершения штукатурных работ и составила в среднем 160 кг/см2. При использовании песка с добавлениями глины, применения барханного песка прочность цементно-песчаного раствора была равна всего 30-40 кг/см2.

В двухнедельный срок после землетрясения институтом «КазНИИССА» было проведено детальное обследование и разработана проектная документация по усилению 15 зданий школ.

Обследование показало, что здания с несущими кирпичными стенами при землетрясении интенсивностью 7 баллов получили сильные повреждения (см. рис.2).





Рис. 2. Повреждения школ с несущими кирпичными стенами.

Здания, получившие повреждения от 3 до 4 степени рекомендуются к сносу. Здания, получившие повреждения от 2 до 3 степени рекомендуются к усилению. Для обеспечения сейсмобезопасности зданий школ рекомендуется следующие мероприятия по усилению:

- перевести несущие стены из неармированной кирпичной кладки в категорию комплексных конструкций. Для этого следует провести двухстороннее усиление всех стен арматурными сетками в слое высокопрочной штукатурки из цементно-песчаного раствора.
- для уменьшения расстояний между поперечными стенами в отсеках здания необходимо в существующую конструктивную схему ввести дополнительные (заменяющие поперечные стены) стальные рамы усиления, связанные с перекрытиями и стеновыми конструкциями.

Кирпичные стены и перегородки всех зданий школ усилить арматурными сетками, установленные с внутренним и наружным сторонам стены в слое торкретштукатурки или на высокопрочном цементно-песчаном растворе марки 150. С целью эффективности предложенного способа усиления были проведены инструментальные исследования динамических характеристик (периоды и форм собственных колебаний, логарифмические декременты) зданий школ до и после усиления. Периоды собственных колебаний зданий с кирпичными стенами до усиления были равны, около 0,45 сек, после усиления уменьшились, до 0,24 сек. Соответственно жесткость зданий после усиления увеличилась 3 раза.

Здание школы в селе Жаксылык с монолитными железобетонными каркасами с наружными кирпичными стенами. Конструкции монолитного железобетонного каркаса получили сильные повреждения при интенсивности землетрясении 6 баллов из-за крайне низкого качества строительства. Серьезные повреждения получили кирпичные стены и перегородки, восприявшие основную часть сейсмической нагрузки, что спасло здание от обрушения. Здания рекомендуется к усилению: а) колонны поперечных рам каркаса усилить обоймами из стальных уголков; б) усилить ригели рам, увеличив сжатые зоны ригеля, с устройством в верхней зоне дополнительных арматурных стержней и сеток. Динамические испытания показали, периоды собственных колебаний каркасных зданий до усиления составили, около 0,34 сек, а после усиления около 0,2 сек. Жесткость здания после усиления

увеличилась в среднем в 3 раза по сравнению с жесткостью до усиления. Все школы были закончены к первому сентябрю.

В процессе строительства во вновь возводимых домах и во вновь построенных 3 школ с несущими стенами из кирпичной кладки проверялась прочность сцепления кладки на отрыв по неперевязанным швам в соответствии с ГОСТ 24992-81, выдержанной не менее 7 дней. Испытания показало следующие результаты 0,1 кг/см2 до 0,4 кг/см2. Низкая прочность сцепления кладки объясняется нарушением технологии производства работ. Кирпич укладывался без замачивания в воде, не очищался от пыли. После проведения испытаний кладки на отрыв качество строительства улучшилось в лучшую сторону. Прочность сцепления кладки на отрыв составляло 1,2 кг/см2 до 2,4 кг/см2. Строительство новых жилых домов и усиление существующих жилых домов было завершено к концу 2003 года.

1 декабря 2003 года произошло землетрясение в селе Сумбе Райымбекского района Алматинской области (350 км. восточнее г. Алматы) от эпицентра землетрясение около 50 км, в точке с координатами: 42°88' сш , 80°54' вд. Интенсивность проявления землетрясения на территории с. Сумбе ориентировочно составила не более 6 баллов (оценка выполнена по макросейсмической части шкалы MSK-64). Рассматриваемые объекты включали в себя частные жилые дома сырцовосаманной кладки, выполненных без специальных антисейсмических мероприятий. Из 576 частных домов в селе Сумбе 506 домов являются саманными, 52 дома деревянными и 18 - кирпичными. Всего было обследовано наиболее поврежденных 67 саманных зданий. В результате сейсмического воздействия в зданиях произошло образование и раскрытие наклонных и вертикальных трещин в стенах, контурные трещины отрыва стен и перегородок, перекрытий от стен и т. д. Полученные повреждения несущих конструкций стен были классифицированы как легкие и умеренные повреждения (первая и вторая степень). Повреждения 1 степени отмечены в большинстве домов, 2 степени - во многих зданиях, отдельные дома получили тяжелые повреждения с элементами частичного разрушения от 3 до 4 степени. При этом следует отметить низкое качество саманной кладки несущих стен практически всех объектов вследствие ветхости и возникших до землетрясения умеренных и тяжелых повреждений в фундаментах, стенах и перекрытиях. Саманные постройки могут выдержать землетрясения силой 6-7 баллов с незначительными повреждениями. При землетрясении силой 8 баллов обеспечить сейсмостойкость саманных построек становится уже затруднительным (см. рис.3).





13 июня 2009 года произошло землетрясение в городе Текели площадью 6133 га или 0,1 тыс. кв.км., находится в 40 км на юго-восток от г. Талдыкорган и в 285 км на восток от г. Алматы. Интенсивность проявления землетрясения «13» июня 2009 г. в г. Текели составила по шкале МЅК-64К 6 баллов. На отдельных участках, в зависимости от грунтовых условий, интенсивность проявления землетрясения «13» июня 2009 г. в г. Текели составила от 6 до 7 баллов.

Землетрясение вызвало значительные и умеренные повреждения одно и двухэтажные жилые дома, построенные в 50-х годах, а также немалый ущерб был нанесен муниципальным зданиям. В результате землетрясения жертв нет. В зоне, пострадавшей от землетрясения, г. Текели проживает порядка 27 тыс. человек. Экономический ущерб, нанесенный землетрясением, составил — 400 миллионов тенге (2,7 млн. долларов). Ликвидация последствий землетрясения была выполнена собственными силами. Было принято решение найти средства из областного бюджета, то есть, обойтись без поддержки государства.

Для восстановления поврежденных зданий после землетрясения, были организованы специальные комиссии из ведущих специалистов Республики. Для принятия решений предварительно проводилось оперативное обследование застройки пострадавших районов.

перечень объектов, особо первоочередному важных подлежащих восстановлению и усилению, как правило, включалась школа. Обследование застройки показало, что, несмотря на наличие соответствующих нормативноинструктивных документов, подавляющее большинство жилых зданий, оказавшихся в зоне землетрясения было возведено без каких-либо антисейсмических мероприятий. Большинство зданий, построенных 20-30 лет назад, имели некоторые антисейсмические мероприятия. Однако, само строительство, осуществлялось с весьма низким качеством и большими отступлениями от проектов.

В результате землетрясения практически все индивидуальные жилые здания со стенами из самана, шлакоблоков и кирпича получили повреждения 2 и 3 степени, а некоторые (саманные и кирпичные) – 4 степени (рис.4).





Рис.4. Жилые двухэтажные дома, получившие повреждения в г. Текели.

Землетрясение 13.06.09 г. в большей степени проявилось на территории г. Текели, в которой проживает 27 тыс. человек. Практически все дома со стенами из саманной кладки при землетрясении получили повреждения не ниже 2 степени.

Примерно 50 % этих домов получили повреждения от 2 до 3 степени. Для саманных домов характерно обрушение стен и их частей, разрыв сопряжений стен с образованием сквозных вертикальных и наклонных трещин, деформации в несущих деревянных конструкциях покрытий.

В меньшей степени пострадали одноэтажные дома с несущими кирпичными стенами, но и в этой группе домов преобладают повреждения в основном 2 и 3 степени (75 % от общего их количества). В этих домах наблюдаются трещины в швах между железобетонными плитами покрытий, вертикальные и наклонные сквозные трещины в несущих кирпичных стенах (рис.5).

По результатам оперативного обследования к сносу рекомендовано семь двухэтажных жилых дома и здание мастерских и спортзала (литер Б) школа №1. Были усилены одноэтажные жилые с саманными, шлакоблочными и шлаколитыми стенами.





Рис. 5. Жилые одноэтажные дома, получившие повреждения.

Выданы рекомендации по усилению жилых домов с несущими саманными, шлакоблочными и шлаколитыми стенами. Выполнено детальное обследование и разработаны рекомендации по усилению здания школы №1. В двухнедельный срок институтом «КазНИИССА» были разработаны способы усиления зданий. Строительство и усиление жилых домов велось под контролем института «КазНИИССА», совместно с местными органами власти.

Все восстановительные работы завершены в полном объеме всего за 2,5 месяца. Подрядные и субподрядные организации выполнили в срок, завершив все необходимые мероприятия до 1 сентября. Все объекты соцкультбыта работали в прежнем режиме, до наступления холодов люди получили жилье, а в частном секторе произведено усиление 22 жилых домов. За счет государственной помощи в виде стройматериалов были отремонтированы 740 жилых домов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ последствий сильных землетрясений и обзор нормативных документов по применению саманных построек показывает, что поведение саманных построек при различных сейсмических воздействиях мало изучено, строительство их ведется без строительно-нормативных документов, без разработки проекта.

В связи с этим институтом «КазНИИССА» были разработаны и изданы «Рекомендаций по проектированию, строительству и усилению жилых домов из

местных строительных материалов (саман, шлакозолоблоки) в сейсмических районах Казахстана» и введен в действие 2008 году.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

- 1. «Шкала оценки интенсивности землетрясений MSK-64 (K). -Алматы, 2004.
- 2. Уроки Луговского землетрясения 23 мая 2003 года в Казахстане. Программа Развития ООН в Казахстане, Алматы 2004.
- 3. **Ашимбаев М.У., Тулеев Т.Д., Алдахов С.Д., Таубаев А.С., Шокбаров Е.М.** «Рекомендации по проектированию, строительству и усилению жилых домов из местных строительных материалов (саман, шлакозолоблоки) в сейсмических районах Казахстана» Алматы, 2008.