

Глава 6
Предполагаемый ущерб и составление карты рисков

Глава 6 Предполагаемый ущерб и составление карты рисков

6.1 Ущерб зданиям

6.1.1 Общая характеристика

При определении предполагаемого ущерба использовалась классификация зданий, выделяющая в общей сложности 9 категорий многоквартирных и индивидуальных домов (см. табл. 2.4.2 главы 2.4). В СНиП «Шкала оценки силы землетрясений MSK-64 (К)» указаны ускорение грунта, скорость сейсмических волн, смещение объектов, соответствующие балльности землетрясения, а также приведена классификация ущерба. *Функция ущерба зданиям* описывает связь между коэффициентом значительных и/или полных разрушений зданий и балльностью землетрясения по шкале MSK-64(К). В ходе обследования уязвимости зданий была выполнена диагностика сейсмостойкости существующих типовых зданий. В п. 6.1.5 приведены итоги предположительной оценки ущерба зданиям, полученные на основании выполненного анализа сейсмических колебаний при сценарных землетрясениях, итогов инвентаризации зданий, а также применения функции ущерба зданиям.

6.1.2 Функция ущерба зданиям

При проработке вопроса о функции, описывающей ущерб зданиям, Группа ЛСА столкнулась с тем, что данных по ущербу от сейсмических бедствий по каждой выделенной категории домов мало. Поэтому методом, опирающимся на данные об ущербе, вывести адекватную функцию ущерба зданиям оказалось невозможно. В этой связи Группа ЛСА провела диагностику сейсмостойкости типовых зданий, рассчитала индикаторы сейсмостойкости и установила предположительную картину распределения зданий различной сейсмостойкости. Затем была выведена функция ущерба зданиям – по методике, устанавливающей связь между балльностью землетрясения и предположительными рамками индикаторов значительного и более тяжелого ущерба.

(1) Уязвимые места

Вопрос об уязвимости многоквартирных домов излагается в той последовательности, в которой проводилось исследование.

【Категория 6】 Железобетонные дома каркасной конструкции (~ 1998)

5-этажные жилые дома серии ВТ (типовые железобетонные многоквартирные дома), были подвергнуты диагностике на сейсмостойкость в соответствии с японскими стандартами. В связи с тем, что канальная плита пола не образует с балками единого целого, был проработан также вопрос о механизме дезинтеграции балок. Были выполнены расчеты по каждому из двух видов поперечной арматуры колонн. Было сделано предположительное заключение, что величины коэффициента сейсмостойкости конструкции разбросаны вокруг средней величины $I_s=0.42$.

С использованием СНиП69, являющегося ранее действовавшим стандартом, был рассчитан проектировочный коэффициент сдвига для каркасной конструкции типового 5-этажного дома. Расчетная величина названного коэффициента составила 0,20.

【Категория 9】 Дома крупнопанельной конструкции

Исходя из гипотетического предположения о возможности применения японских стандартов, была выполнена диагностика сейсмостойкости типовых 5-этажных жилых домов серии 464-ДС. Было сделано предположительное заключение, что величины индекса сейсмостойкости конструкции разбросаны вокруг средней величины $I_s=0,72$ (эквивалентные величины индекса для направлений по длине и ширине 1-ого этажа). Для 9-этажных домов серии 158 был рассчитан *стенной коэффициент* (площадь сечения стен / поэтажная площадь) для направления по длине 1-го этажа. Расчетная величина оказалась практически такой же, как и в случае серии 464-ДС. Было сделано заключение, что сейсмостойкость домов этих серий является идентичной.

Хотя у крупнопанельных домов первой серии 464-АС тревогу вызывает ослабление конструкции в результате коррозии мест сопряжения панелей в районе санузла, дома этой серии являются 4-этажными, и *коэффициент длины несущих стен* сопоставим у них с домами серии 464-ДС, на основании чего было сделано предположительное заключение об идентичной с 464-ДС сейсмостойкости. По информации от КазНИИССА, результаты динамических испытаний крупнопанельных домов показали, что большинство из них часто выдерживают динамические нагрузки, в 2-3 раза превышающие проектные, а некоторые выдержали крайние нагрузки. Эти дома обладают значительным резервом прочности в отношении проектной нагрузки и диссипации энергии. Заметим, впрочем, что результаты испытаний опубликованы не были.

【Категория 8】 Железобетонные дома каркасной конструкции (1999 ~)

Это период, когда содержание проектов стало разнообразным. Репрезентативных, типовых зданий в этой категории выделить невозможно. Здесь было взято условное здание, имеющее такой же план, как у 5-этажных домов серии ВТ. Была выполнена диагностика сейсмостойкости такого здания, исходя из предположения об изменении сечения его колонн соответственно новейшим проектировочным стандартам. Были рассмотрены 2 случая: разрушение колонн сдвигающим усилием и разрушение балок изгибающим усилием. Расчетным способом для обоих случаев была получена средняя величина индекса сейсмостойкости конструкции $I_s=0,72$. При анализе была использована эта величина. Проектировочный коэффициент сдвига для 5-этажного дома составил 0,30.

【Категория 5】 Кирпичные дома с железобетонным полом

Было проведено упрощенное обследование типового 4-этажного жилого дома серии 308. Толщина наружных стен дома – 51 см, внутренних – 38 см. Прочность цементного раствора соответствует Классу 50 (предел прочности при сжатии 50 кг/см²). Было предположительно определено, что предел прочности при сдвиге составляет 1/20 этой величины. За величину, соответствующую эквивалентному индексу сейсмостойкости конструкции, было принято

среднее значение коэффициента сопротивления сдвигу для 1-го этажа, в направлениях по длине и ширине дома (0,32).

【Категория 3】 Кирпичные дома с деревянным полом

Эти дома строились в первый период сооружения кирпичных домов в Алматы. По сравнению с домами серии 308, прочность использованного в них цементного раствора ниже. Качество раствора, как считают, также уступает домам серии 308. Прочность цементного раствора была взята как 0,7 от показателя для домов серии 308. Величина удельного веса была взята более низкой. За величину, соответствующую эквивалентному индексу сейсмостойкости конструкции, было принято среднее значение коэффициента сопротивления сдвигу для 1-го этажа, в направлениях по длине и ширине дома (0,26).

【Категория 4】 Многоквартирные дома с гибким первым этажом

С применением японских критериев была проведена диагностика сейсмостойкости 5-этажных многоквартирных домов этой категории, в которых 2-ой и более высокие этажи и выше выполнены из крупных панелей. Было сделано предположительное заключение, что центром распределения значений сейсмостойкости является индекс сейсмостойкости конструкции $I_s=0,28$, полученный в результате проведенной диагностики. Форма таких домов является специфической, поэтому отдельно от диагностики сейсмостойкости были назначены условия в отношении потенциального технического предела прочности и характеристик возвращающей силы, и был предпринят анализ реакции целевого объекта во времени, с использованием 3 стандартных сейсмических волн. Затем был рассчитан показатель пластичности и показатель *высота здания/горизонтальное смещение пола*. Эти показатели были использованы для валидации функции ущерба зданиям. Показатель пластичности, выражающий предел безопасности для 1-го этажа, был рассчитан с использованием японских критериев диагностики сейсмостойкости.

【Категория 7】 Деревянные дома

Конструкции деревянных домов разнообразны. Эмпирически подтверждено, что сейсмостойкостью они обладают. Можно предположить, что существует значительный разброс в величинах сейсмостойкости в зависимости от типа и года постройки дома. Была взята величина сейсмостойкости, являющаяся промежуточной между показателями для железобетонных домов каркасной конструкции постройки до и после 1999 г. (категории 6 и 8). Величина I_s была принята равной 0,58.

Среди индивидуальных домов имеются также постройки категорий 1 (саманные дома) и 2 (кирпичные/блочные дома). Для обеих этих категорий с учетом EMS-98 (Европейская макросейсмическая шкала; стандартная шкала интенсивности землетрясений, принятая в Европе), MSK-64 и т.д. была задана стандартная функция ущерба зданиям. Что касается домов категории 2, то можно предполагать наличие большого разброса в показателе сейсмостойкости в зависимости от конкретного дома.

(2) Предположительное распределение величин коэффициента сейсмостойкости конструкции I_s

Предположительная картина распределения коэффициентов сейсмостойкости конструкции I_s для многоквартирных домов указана на рис. 6.1.1. Предполагается, что дома, спроектированные по типовым проектам определенных серий, будут демонстрировать нормальное распределение. Хотя для нетиповых проектов адекватным следует считать логарифмическое нормальное распределение, мы здесь, исходя из инженерного заключения, для всех случаев предполагаем нормальное распределение. Конкретных данных по этому вопросу о снижении сейсмостойкости в связи с некачественным выполнением строительным работ у нас не имеется; поэтому мы отразили это обстоятельство некоторым увеличением стандартного отклонения для домов серий ВП/ВТ, у которых колонны сооружали монолитным бетонированием, а для балок использовали сборные железобетонные изделия.

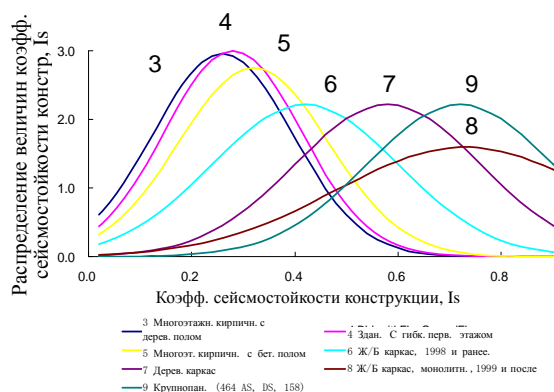


рис. 6.1.1 Распределение величин коэффициента сейсмостойкости конструкции

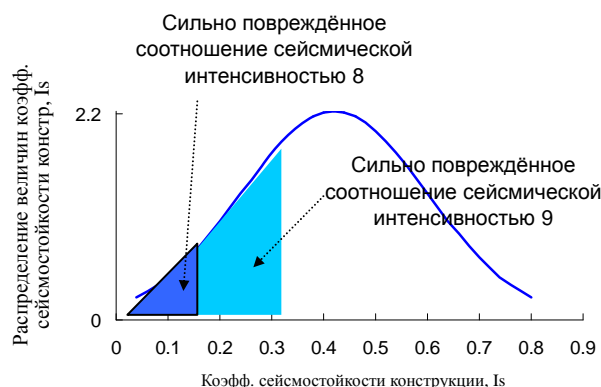


рис. 6.1.2 Коэффициент сейсмостойкости конструкции и показатель ущерба

(3) Величина сейсмических колебаний и оценочный показатель ущерба

На основании результатов исследований, выполненных Японской ассоциацией предотвращения бедствий в зданиях, исходя из наличия пропорциональности между балльностью землетрясения и предельной величиной коэффициента сейсмостойкости конструкций I_s , за которой следует сильное повреждение и/или полное разрушение зданий, с использованием эмпирических величин была задана связь между названным коэффициентом и показателем ущерба (см. рис. 6.2.1). Что касается связи между балльностью и ускорением грунта, то в соответствии MSK-64 (K) (по СНиП) было задано, что при землетрясении в 8 баллов (270 гал) величина I_s составит до 0,15, а при землетрясении в 9 баллов (600 гал) величина I_s составит до 0,32, и это будет сопровождаться, соответственно, сильным повреждением и разрушением зданий. Коэффициент ущерба был взят как сочетание ущерба степени 4 (сильные повреждения) и ущерба степени 5 (разрушение), согласно ЕМС-64 (MSK-64 (K)) (рис. 6.1.3).

<p>Класс 4: Очень сильные повреждения (сильные структурные повреждения, очень сильные структурные повреждения)</p>	<p>Серьезные разрушения стен; частичные структурные разрушения стен и полов.</p> 	<p>Большие трещины в структурных элементах с компрессионными разрушениями бетона и разломами арматурных прутков; стыковые разрушения балок; наклон колонн. Падение нескольких колонн или одного верхнего этажа.</p> 
<p>Класс 5: Разрушение (очень сильное структурное повреждение)</p>	<p>Полное или почти полное разрушение здания.</p> 	<p>Разрушение первого этажа или частей (например, крыльев и т.п.) здания.</p> 

Рис. 6.1.3 Классификация ущерба зданиям по шкале EMC-64 (MSK-64 (К))

(4) Функция ущерба зданиям

Полученная в результате функция ущерба зданиям (кривая уязвимости) приведена на рис. 6.1.4. 1,2 и 7 – это индивидуальные дома; 3~9 – многоквартирные дома.

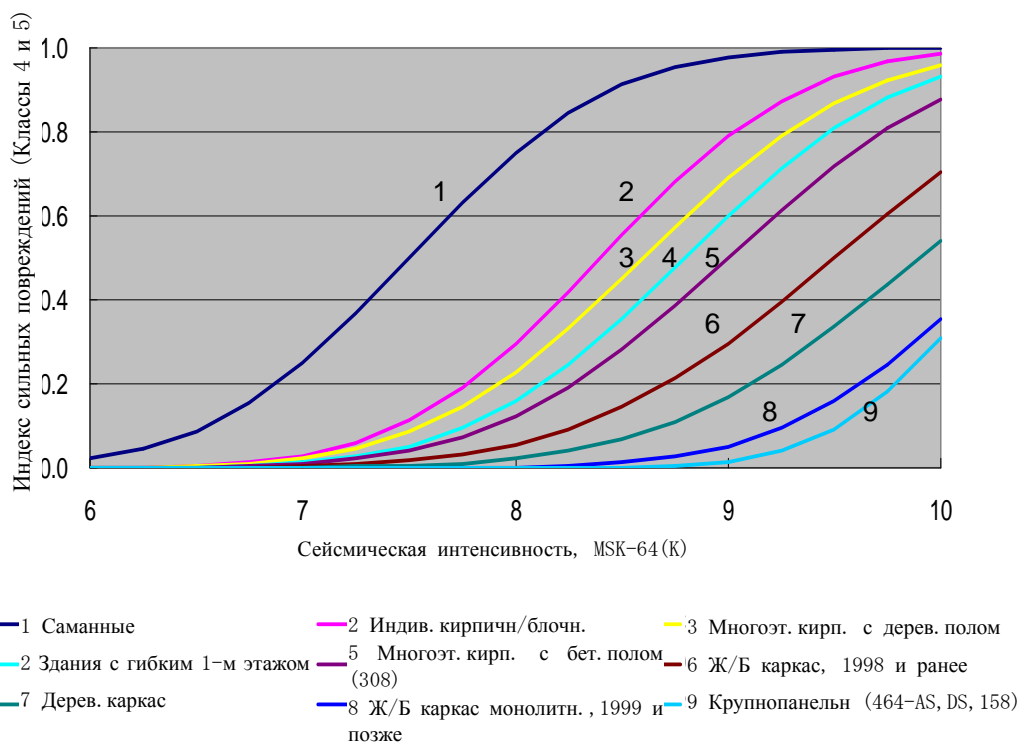


Рис. 6.1.4 Функция ущерба зданиям

6.1.3 Сопоставление и валидация функций ущерба зданиям

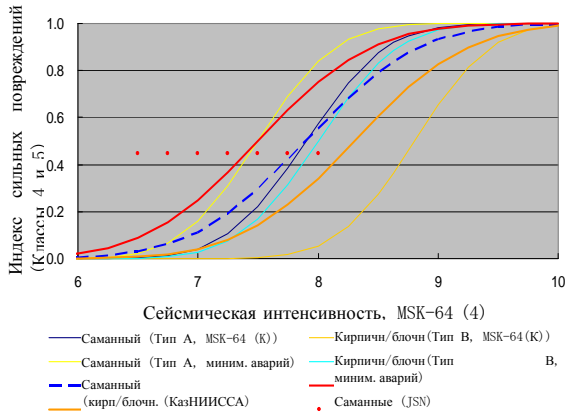
(1) Сопоставление с другими функциями ущерба. Валидация на основании данных об ущербе от землетрясений

На рис. 6.1.5 приведено сопоставление принятой в Изучении функции ущерба зданиям с аналогичными функциями, предлагаемыми MSK-64(K), МЧС Казахстана, UNDP (2005) и КазНИИССА. В случае других функций для этого сопоставления кривые ущерба были рассчитаны и построены по табличным данным, показывающих балльность землетрясения и показатель вызванного им ущерба.

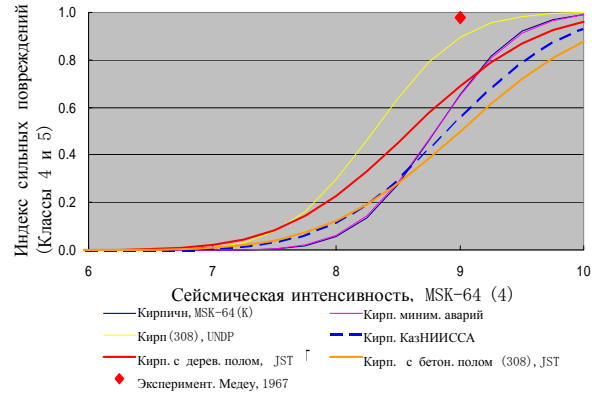
При проведении в 1967 г. в Медео сейсмического испытания, в фундаменте 4-этажного кирпичного дома (не являвшегося типовым домом какой-либо серии) наблюдалось ускорение 0,6G, на крыше – 0,9G. Дом понес серьезные повреждения. С другой стороны, в случае 4-этажного крупнопанельного дома, к которому была приложена сейсмическая нагрузка, соответствующая 9 баллам по шкале MSK-64 (K) (ускорение грунта – 0,6G, ответное ускорение на крыше – 0,6G), повреждения оказались небольшими (King и соавторы, 1996).

Сообщается, что при землетрясении 1988 г. в Армении 10-балльные колебания в Спитаке (Армения) нанесли лишь незначительные повреждения 5-этажным крупнопанельным домам, а в Ленинакане толчки в 9 баллов причинили лишь незначительный ущерб 9-этажным крупнопанельным домам (рис. 6.1.6, EERI (1989), Японский центр строительства, King и соавторы, 1996. Причем это же землетрясение разрушило большинство домов серии 111 (железобетонные дома каркасного типа, в которых как колонны, так балки сделаны из сборных железобетонных изделий). Сообщается, что увеличению ущерба от землетрясения способствовали дефекты узлов сопряжений на колоннах зданий, а также некачественное исполнение работ на стройках. В Алматы дома серии 111 не строились.

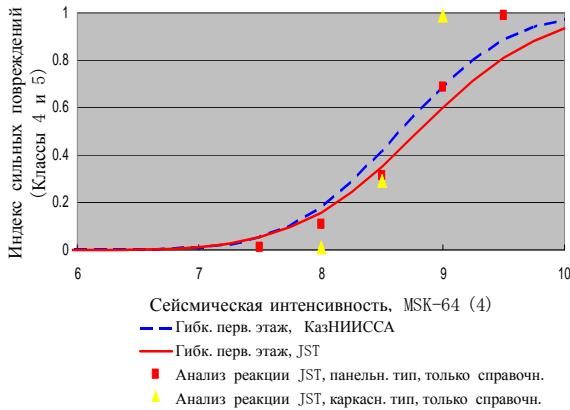
Согласно отчету UNDP об обследовании ущерба от Луговского землетрясения 2003 г. (UNDP, 2004), в эпицентре землетрясения сила колебаний составила 7-8 баллов, а в других районах – 6-7 баллов. По результатам предварительного исследования, проведенного сразу после землетрясения, 45% обследованных 9302 домов были сильно повреждены или разрушены. Сообщается, что типичным видом повреждений являлось разрушение внешних и внутренних стен саманных домов.



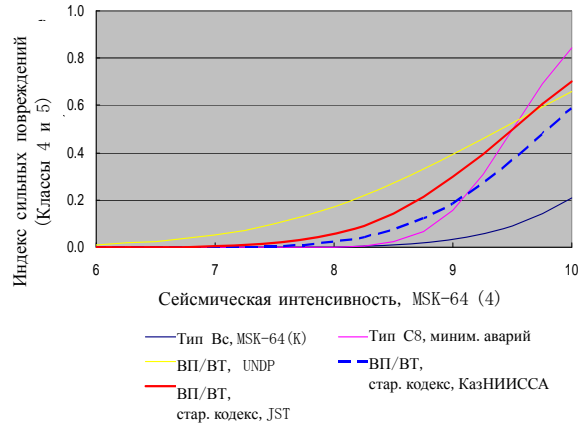
(a) 【Категории 1,2】 Саманные и блочные дома



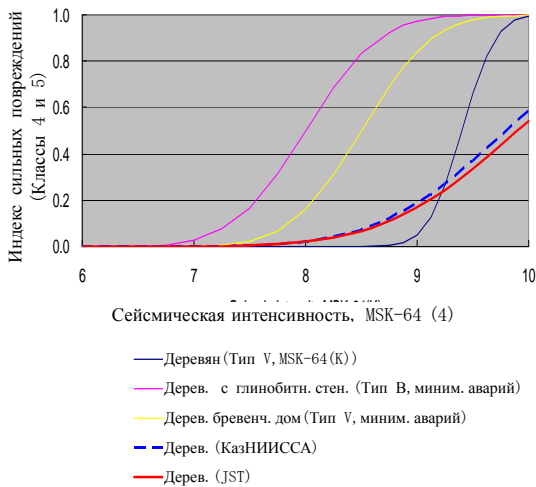
(b) 【Категория 3】 Кирпичные дома с деревянным полом,
【Категория 5】 Кирпичные дома с железобетонным полом



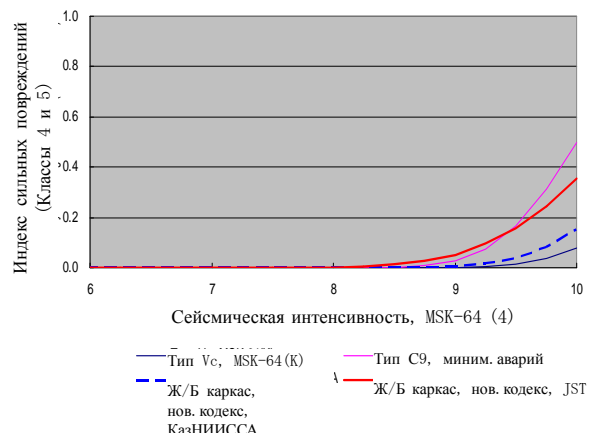
(c) 【Категории 1,2】 Многоквартирные дома с гибким 1-ым этажом



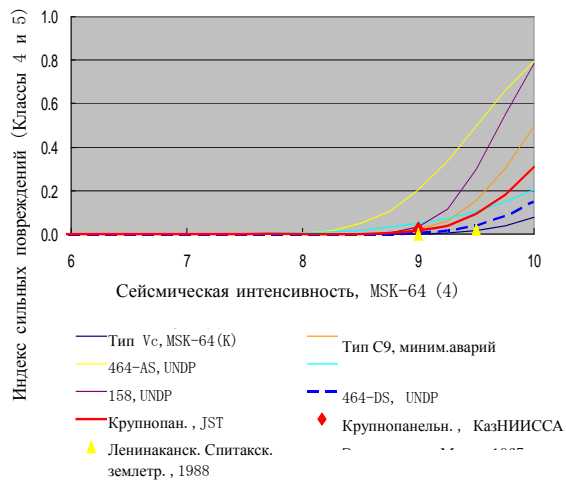
(d) 【Категория 6】 Железобетонные дома каркасной конструкции (до 1998 г.) (многоквартирные дома старого стандарта)



(e) 【Категория 7】 Деревянные дома



(f) 【Категория 8】 Железобетонные дома каркасной конструкции (с 1999 г.) (многоквартирные дома ныне действующего стандарта)



(g) 【Категория 9】 Крупнопанельные дома

Рис. 6.1.5 Сопоставление и валидация функций ущерба зданиям



Рис. 6. 27
Завершённое крупнопанельное здание в Ленинакане, которое претерпело только незначительное растрескивание в некоторых панельных стыках.



Рис. 6. 28
Пятиэтажное крупнопанельное здание в Спитаке, которое осталось неповреждённым. Оказалось, что это было единственное неповреждённое здание

Рис. 6.1.6 Крупнопанельные дома в Ленинакане (левое фото) и Спитаке (правое фото) (EERI, 1)

(2) Собственный период колебаний зданий и преобладающий период колебаний грунта

Функция ущерба зданиям показана как зависимость от силы землетрясения (степени ускорения грунта), которая представляет собой фактор, отличный от сейсмостойкости зданий. В табл. 6.1.1 приведены оценочные первичные периоды собственных колебаний зданий основных категорий на основании эластичной начальной жесткости.

Табл. 6.1.1 Оценочные величины собственных периодов колебаний зданий

Крупнопанельные дома		Кирпичные дома	Железобетонные дома каркасного типа, с кирпичными стенами	
5-этажные (464-ДС)	9-этажные (158)	4-этажные (308)	5-этажные (ВП/ВТ)	9-этажные
0.2~0.25 сек	0.35~0.4 сек.	0.2~0.3 сек.	0.4 сек.	0.7~0.8 сек.

Что касается преобладающего периода колебаний грунта, то оценочная величина этого показателя является низкой (за исключением части Турксибского района), причем она меньше указанных выше первичных периодов собственных колебаний зданий. Следует полагать, что воздействие собственного периода колебаний многоквартирных жилых домов на функцию ущерба зданиям является незначительным.

6.1.4 Диагностика сейсмостойкости существующих зданий

(1) Краткая характеристика

Для еще более точного выяснения уязвимости домов перед землетрясением, была выполнена следующая диагностика сейсмостойкости существующих многоквартирных жилых домов Алматы.

Что касается проектировочных чертежей и документации, необходимых при диагностике сейсмостойкости, то была получена часть планов типовых этажей и чертежей каркасов. Подробные материалы и расчеты конструкций по профилям конструктивных элементов, расположению арматуры получить не удалось, и необходимая информация была собрана с помощью интервьюирования. Индивидуальное обследование зданий не проводилось. Была выполнена диагностика сейсмостойкости указанных ниже домов.

- 1) Железобетонные каркасные дома, построенные по старым стандартам (серия ВТ, 5-этажные)
При оценке железобетонных каркасных конструкций были применены японские критерии диагностики сейсмостойкости.
- 2) Крупнопанельные конструкции (серия 464-ДС, 5-этажные)
Крупнопанельные конструкции не входят в рамки объектов, на которые распространяются японские критерии диагностики; японские критерии были применены с рядом условных оговорок.
- 3) Дома с гибким 1-ым этажом (5-этажные)
В отношении зданий с гибким 1-ым этажом в дополнение к диагностике сейсмостойкости был предпринят анализ сейсмической реакции целевого здания во времени, и была выполнена оценка сейсмостойкости этих домов.
- 4) Упрощенная диагностика кирпичных домов (серии 308, 4-этажных)
В случае кирпичных домов оценка сейсмостойкости была выполнена по упрощенной методике.

(2) Методика диагностики сейсмостойкости существующих железобетонных домов

Японские критерии диагностика сейсмостойкости железобетонных домов (Японская ассоциация предотвращения бедствий в зданиях, 2001) были составлены в 1977 г., т.е. примерно 30 лет назад. Затем они пересматривались в 1990 и 2001 гг. в связи с накоплением

наблюдений за ущербом от землетрясений и результатов исследований в этой области. За этот период был выполнен большой практический объем работы по диагностике сейсмостойкости имеющихся железобетонных зданий. Растет число случаев применения японских критериев к зданиям за пределами Японии.

Соответственно целям оценки и конструктивным особенностям существующих железобетонных зданий, выделяют 3 уровня (этапа) критериев диагностики – от первичного до третичного. Методика первичной диагностики предполагает проведение упрощенного обследования; результаты первичной диагностики касаются аспекта безопасности. Методика вторичной диагностики обычно используется, когда выдвигается условное предположение о колебаниях, разрушающих колонны здания. Методика третичной диагностики включает в рассмотрение также предположение сейсмических колебаний, приводящих к разрушению балок. Объем расчетов при этом возрастает. Краткое содержание методик указано ниже (нумерация уравнений идентична нумерации в тексте официальных критериев).

Коэффициент сейсмостойкости конструкции I_s

$$I_s = E_0 S_D T \quad (1)$$

здесь: E_0 : базовый коэффициент сейсмостойкости здания; S_D : корректировочный коэффициент на форму здания; T : корректировочный коэффициент на возраст здания

E_0 берется как наибольшая из величин, рассчитываемых по формулам (4) и (5).

Базовый коэффициент сейсмостойких свойств здания (по способности к пластичной деформации) E_0

$$E_0 = (n+1) / (n+i) \times \sqrt{(C_1 F_1)^2 + (C_2 F_2)^2 + (C_3 F_3)^2} \quad (4)$$

Базовый коэффициент сейсмостойких свойств здания (по прочности): E_0

$$E_0 = (n+1) / (n+i) \times (C_1 + \sum \alpha_j C_j) F_1 \quad (5)$$

здесь: C : коэффициент прочности, F : коэффициент пластичности, $(n+1)/(n+i)$: поправочный коэффициент на распределение внешнего усилия, α : коэффициент вклада в прочность

$$C = Q_u / \sum W \quad (12)$$

здесь: Q_u : предельное сдвигающее усилие, выдерживаемое вертикальными конструктивными элементами данного этажа, $\sum W$: полная масса здания выше данного этажа

Заключение относительно сейсмостойкости:

$$I_s \geq I_{so} \quad (37)$$

Коэффициент для оценки сейсмостойкости конструкции: I_{so}

$$I_{so} = E_s Z G U \quad (38)$$

Здесь; E_s : базовый коэффициент для оценки сейсмостойкости (в случае вторичной и третичной диагностики: 0,6), Z : региональный корректировочный коэффициент , G : корректировочный коэффициент для грунта, U : корректировочный коэффициент для способа применения здания

Кроме того, необходимо, чтобы удовлетворялось следующее условие;

$$C_{TU} S_D \geq 0.3 Z G U \quad (39)$$

Здесь C_{TU} : коэффициент кумулятивной прочности сооружения при предельной нагрузке

(3) Диагностика железобетонных каркасных домов, построенных в соответствии со старым стандартом

1) Краткая характеристика домов серии ВТ-20

Этажность: 5-этажные

Пролеты: в направлении длины здания 10 пролетов \times 3,6 м = 36 м

в направлении ширины здания 2 пролета \times 5,4 м = 10,8 м

Высота этажа: 3,0 м

На рис. 6.1.7 показан план типового этажа.

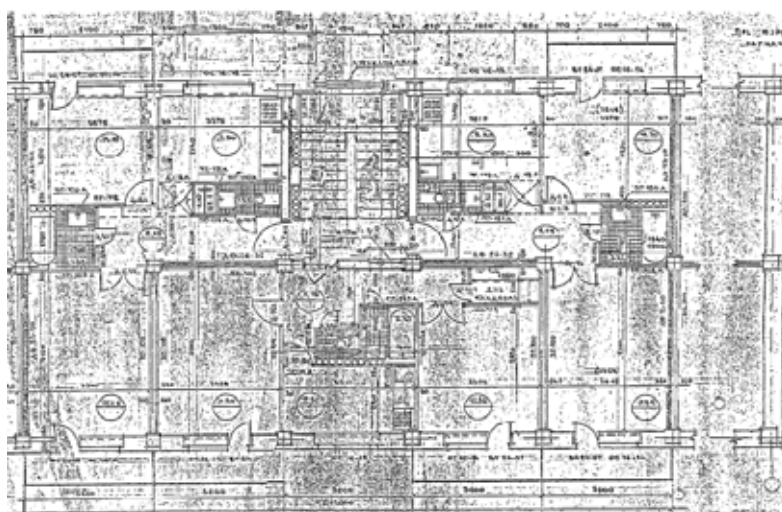


Рис. 6.1.7 План типового этажа домов серии ВТ

2) Используемые строительные материалы

Бетон: В25 (30 МПа, 306 кг/см²)

Арматура: А-III, диаметр 10~40 мм, 290 МПа (3000 кг/см²)

диаметр 6~ 8 мм, 285 МПа (2900 кг/см²)

3) Конструктивные элементы

Профиль колонн: 40 см \times 40 см

Рабочая арматура (нижние этажи), углы: 4 \times ϕ 28, в промежуточной части :4 \times ϕ 20

кольцевая арматура, в нижней и верхней части колонн: ϕ 6 или ϕ 8@100, в промежуточной части ϕ 6 или ϕ 8@200~300

Профиль балок: 35 см \times 50 см

Рабочая арматура (нижние этажи): общая для потолка и пола, 3 \times ϕ 28, хомуты арматуры, 6@200

4) Удельный вес здания

Вес здания был рассчитан исходя из толщины канальной плиты пола = 22 см и толщины кирпичных стен по периметру здания = 51 см. На обычных этажах и на крыше вес, приходящийся на единичную площадь, был задан как 12,5 кН/м² и 9,4 кН/м², соответственно.

5) Относительно модели разрушения

Балки и канальная плита пола не являются единым целым, поэтому было принято во внимание возникновение шарнира пластичности в балках 2-го этажа и т.д. Данных по полу и балкам 1-го этажа получить не удалось, однако на основании того, что по периметру 1-го этажа оборудованы стены из бетонных блоков крупного размера, было сделано предположение об образовании шарниров в цоколе колонн 1-го этажа. Относительно землетрясения 1988 г. в Армении сообщается о примерах образования разрушений в торцах балок – т.е. в узлах, которые были выполнены непосредственно на стройплощадке (дома в г. Ленинакане, в которых для колонн и балок использовались сборные железобетонные изделия) (рис. 6.1.8).



Рис. 6.1.8 Разрушение в торцевой части балки (согласно д-ру Шамилю Хакимову)

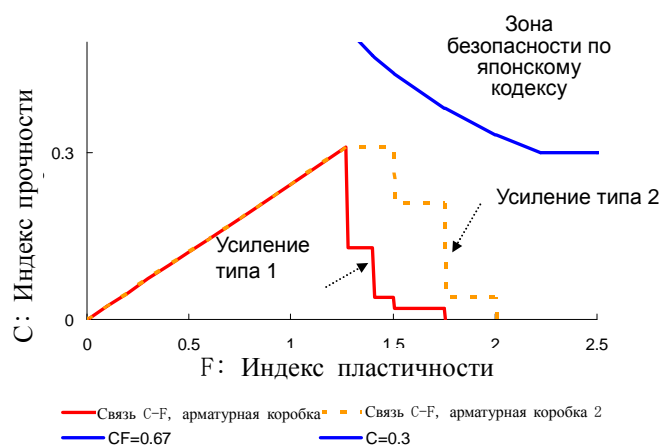


Рис. 6.1.9 Связь между коэффициентом прочности (С) и коэффициентом пластичности (F) железобетонных каркасных конструкций

6) Индексы для оценки сейсмостойкости

Значение произведения (*базовый коэффициент для оценки сейсмостойкости E_s*) \times (*региональный корректировочный коэффициент S*) было задано в пределах 0,5~0,6. Величина коэффициента для оценки сейсмостойкости конструкции Iso была взята как 0,5~0,6. Как указано на карте опасностей в Главе 6, предположительная сила колебаний составляет 8~9 баллов (по японской шкале балльности – 5~6 баллов).

7) Результаты диагностики сейсмостойкости

На рис. 6.1.9 показана связь между коэффициентом прочности (C) и коэффициентом пластичности (F) для двух видов арматурных стержней, работающих на восприятие усилия сдвига в колоннах 1-го этажа. В качестве справки показана зона, считающаяся безопасной по японским критериям оценки.

Арматура 1-го вида (кольцевая арматура в торцевой части колонны 6 мм@100)

$$E_0 = C \times F = 0.31 \times 1.27 = 0.39 \quad I_s = E_0 \times S \times T = 0.39 \times 1.0 \times 0.9 = 0.35 < I_{s0} = 0.5 \quad \text{N.G.}$$

Арматура 2-го вида (кольцевая арматура в торцевой части колонны 8 мм@100)

$$E_0 = C \times F = 0.31 \times 1.65 = 0.54 \quad I_s = E_0 \times S \times T = 0.54 \times 1.0 \times 0.9 = 0.48 < I_{s0} = 0.5 \quad \text{N.G.}$$

У обоих видов арматуры способность к пластичной деформации низкая, Iso не превышает 0,5, на основании чего делается заключение о недостаточной сейсмостойкости.

Коэффициент сейсмостойкости конструкции был взят как средняя величина по 2 видам арматуры = 0,42.

(4) Диагностика сейсмостойкости крупнопанельных домов

1) Краткая характеристика домов серии 464-ДС

На рис. 6.1.10 показан план типового 5-этажного дома крупнопанельной конструкции серии 464-ДС.

Обычно у железобетонных стен коэффициент проемы/периметр стен (opening periphery ratio) составляет не менее 0,4. Здесь поперечные стенки мы оценивали как откосные крылья стен, выполняющие роль условных колонн. Было также принято условное предположение, что прочность узлов сопряжения панелей не меньше прочности конструктивных элементов.

2) Толщина стен, расположение арматуры

Толщина стен, расположение арматуры и т.д. в 5-этажных крупнопанельных домах приведены в табл. 6.1.2 в сопоставлении с японскими стандартами (дом из сборных железобетонных изделий стенового типа, Японский архитектурный институт, 1982). Сравниваются 1-ые этажи 5-этажных домов. Если условно предположить, что прочность узлов сопряжения панелей одинакова, то прочность крупнопанельных конструкций оценочно чуть превосходит требования японского стандарта. Способность к пластичной деформации, однако, у крупнопанельных конструкций оценочно чуть меньше, чем требуется по японскому стандарту.

Табл. 6.1.2 Спецификации конструкции крупных панелей

	Крупнопанельная конструкция (464-ДС)	Японский стандарт (дом из сборных железобетонных изделий стенового типа)
Прочность бетона	B25(275 кг/см ²)	Не менее 210 кг/см ²
Толщина стен	10 см	Не менее 12 см
Арматура, работающая на восприятие напряжений сдвига	0,13% (сварная металлическая сетка 5 мм @150)	Не менее 0,30%
Коэффициент длины несущих стен	16 см/м ²	не менее 15 см/м ²

Примечание: коэффициент длины несущих стен = суммарная длина несущих стен (см), деленная на площадь данного этажа (м²).

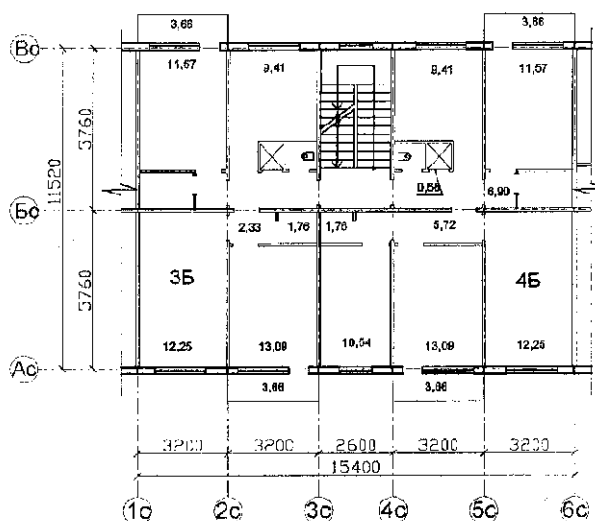


Рис. 6.1.10 План типового этажа домов серии 464-ДС



Рис. 6.1.11 Связь между коэффициентом прочности и коэффициентом пластичности крупнопанельной конструкции

3) Результаты диагностики

Связь между коэффициентом прочности (C) и коэффициентом пластичности (F) для направления по длине дома для 1-го этажа указана на рис. 6.1.11.

В случае картины разрушения, когда имеются стены с колоннами, на которые действует изгибающее усилие:

$$E_o = C \times F = 0.55 \times 1.5 = 0.82 \quad I_s = E_o \times S \times T = 0.82 \times 1.0 \times 0.9 = 0.74 \quad > I_{so} = 0.5$$

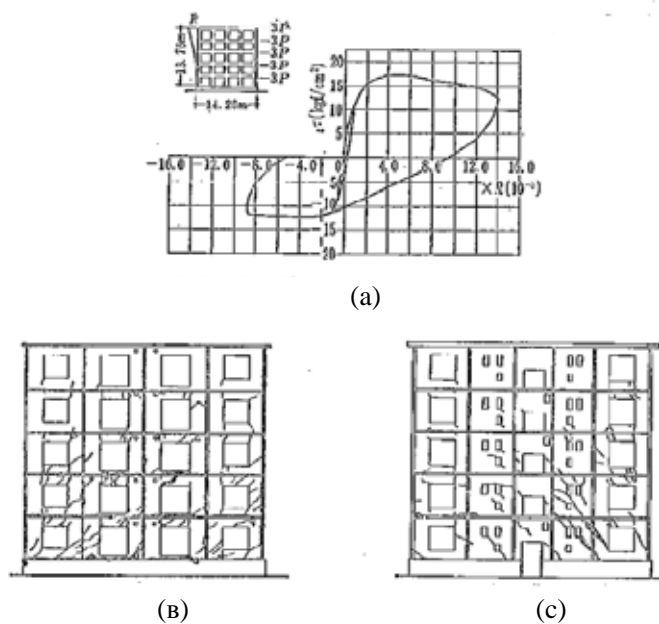
Если же отдельно взять случай картины разрушения, когда помимо стен с колоннами, на которые действует изгибающее усилие, имеются стены с колоннами, на которые действует сдвигающее усилие, то будет иметь место следующее:

$$E_o = C \times F = 0.61 \times 1.0 = 0.61 \quad I_s = E_o \times S \times T = 0.61 \times 1.0 \times 0.9 = 0.54 \quad > I_{so} = 0.5$$

Можно рассчитывать, что поперечные стены будут давать эффект восприятия вертикальной нагрузки. Что касается рассматриваемого случая, то если взять вышеуказанную среднюю величину = 0,64, то с учетом $C \times S = 0,55$ можно сделать заключение о наличии необходимой сейсмостойкости.

4) Экспериментальный предел прочности и пластичность

В японских стандартах проектирования зданий из сборных железобетонных стеновых панелей (Японский архитектурный институт, 1982) приведены их прочность и пластичность, выясненные экспериментальным способом. В качестве справочного материала величины эти данные указаны на рис. 6.1.12.



а- напряжение сдвига и угол отклонения конструктивных элементов
 в- картина разрушений со стороны северного фасада
 с- картина разрушений со стороны южного фасада

Рис. 6.1.12 Предел прочности к горизонтальным нагрузкам (Японский архитектурный институт, 2001)

5) Крупнопанельные дома серии 158

План типового этажа крупнопанельной конструкции серии 158 показан на рис. 6.1.13. На нижних этажах в направлении длины здания имеются 4 железобетонные внутренние стены. Коэффициент длины несущих стен, скорректированный по числу этажей, в домах этой серии примерно идентичен показателю для 5-этажных домов серии 464-ДС. Было сделано оценочное предположение об идентичной сейсмостойкости домов этих серий.

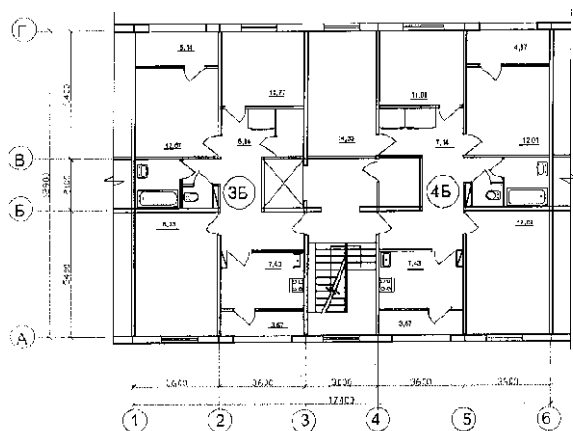


Рис. 6.1.13 План типового этажа крупнопанельной конструкции серии 158



Рис. 6.1.14 Узлы сопряжения конструктивных элементов в крупнопанельных конструкциях серии 158 (по: д-р. Ашимбаев)

В World Housing Encyclopedia, Housing Report No.32 (д-р. Ашимбаев) сообщается, что в Алматы в домах 158 серии число внутренних стен в направлении длины дома было увеличено до двух по сравнению с одной стеной в 9-этажных крупнопанельных домах в г. Ленинакане (Армения), лишь незначительно пострадавших при Спитакском землетрясении 1988 г. На рис. 6.1.14 крупно показаны узлы сопряжения панелей в домах 158 серии. Первичный период собственных колебаний здания составляет 0,35~0,4 сек.

(5) Диагностика сейсмостойкости домов, в которых имеется гибкий первый этаж

1) Краткая характеристика

Схема каркаса 5-этажного дома показана на рис. 6.1.15. На 1-ом этаже имеются такие же колонны, как и в домах серии ВТ. 2-ой и более высокие этажи схожи с этажами крупнопанельных домов серии 464-ДС.

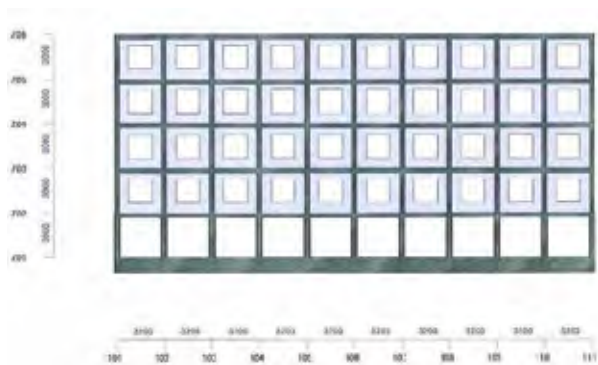


Рис. 6.1.15 Схема конструктивного каркаса

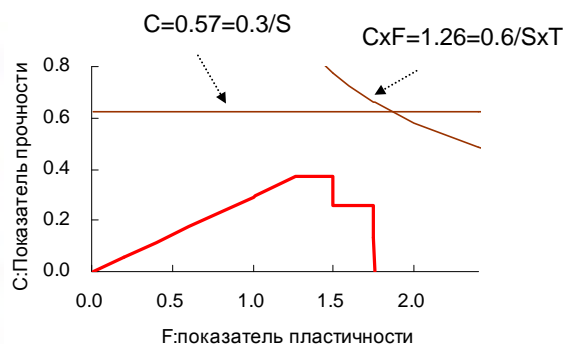


Рис. 6.1.16 Коэффициент прочности и коэффициент пластичности

2) Результаты диагностики

Выяснилось следующее.

В направлении длины 1-го этажа коэффициент прочности $C = 0,37$; коэффициент пластичности $F = 1,5$ (при кольцевой арматуре $\phi 6@100$ в торцевой части колонн)

Базовый коэффициент сейсмостойких свойств здания: $E_0 = C \times F = 0,37 \times 1,5 = 0,56$

Коэффициент сейсмостойкости конструкции: $I_s = E_0 \times S \times T = 0,56 \times 0,48 \times 0,9 = 0,24 < I_{s0} = 0,5$

На этом основании делается заключение о недостаточной сейсмостойкости. В данном случае по причине недостаточной жесткости 1-го этажа величина корректировочного коэффициента для формы здания является чрезвычайно низкой. Коэффициенты прочности и пластичности в направлении длины 1-го этажа указаны на рис. 6.1.6. С другой стороны, при кольцевой арматуре $\phi 8@100$ в торцевой части колонн $F=2,25$, $I_s=0,36$. Коэффициент сейсмостойкости конструкции оценочно взят как средняя величина $= 0,28$.

(6) Анализ сейсмической реакции во времени для домов с гибким 1-ым этажом

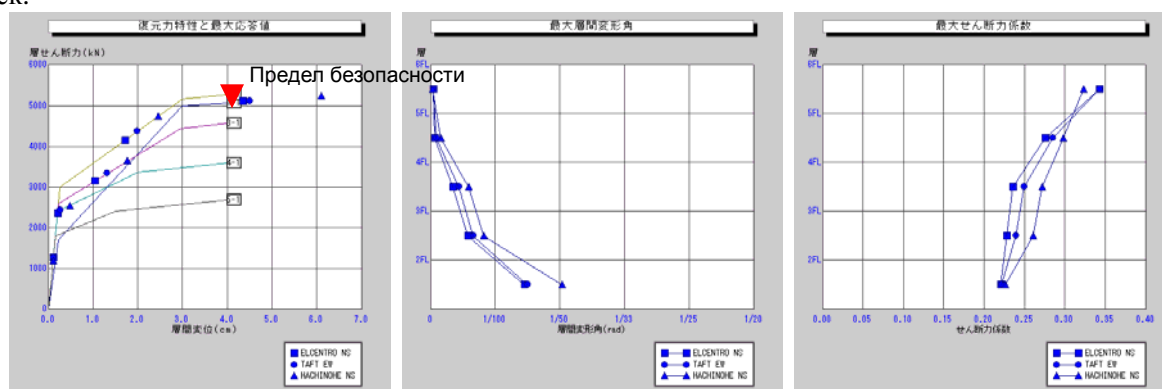
1) Краткая характеристика анализа сейсмической реакции

Для идентификации поведения здания с гибким 1-ым этажом при сейсмическом воздействии был выполнен анализ реакции во времени. Характеристики возвращающей силы были получены с помощью трилинейной аппроксимации кривой, построенной при расчете предельного выдерживаемого горизонтального усилия. На основании коэффициента пластичности для каркаса 1-го этажа, полученного по методике сейсмической диагностики, для двух видов арматуры, работающей на восприятие напряжений сдвига, были рассчитаны и оценены коэффициент пластичности и угол относительного смещения этажей, соответствующие пределу безопасной деформации. В качестве репрезентативных сейсмических волн были заданы 3 волны: El Centro NS, Taft EW, Nachinohe NS. Анализ был произведен для случая многоквартирного дома серии ВТ, у которого этажи от 2-го и выше имеют каркасную конструкцию и кирпичные стены. В качестве оценки жесткости и прочности кирпичных стен этажей от 2-го и выше было условно задано следующее: начальная жесткость – $\times 2$ раза; прочность – $\times 1,2$ раза (за основу были взяты характеристики возвращающей силы одного только каркаса здания).

На рис. 6.1.17 показаны результаты, полученные при задании 500 гал в качестве величины проектного ускорения грунта, соответствующего землетрясению силой 9 баллов. Ущерб концентрированно приходится на 1-ый этаж. Кроме того, результирующее смещение выходит за безопасный предел.

2) Результаты анализа

Использованная при анализе величина первичного собственного периода колебаний: 0,48 сек.



а) Связь между сдвигающим усилием, действующим на этажи, и смещением этажей

в) Угол смещения этажей

с) Коэффициент смещения этажей под воздействием сдвигающего усилия

Рис. 6.1.17 Результаты анализа реакции во времени

3) Анализ реакции во времени и функция ущерба зданиям

Исходя из предположения о наличии связи между величинами коэффициента ответной пластичности и коэффициентом ущерба, было предпринято сопоставление введенной силы сейсмических колебаний и коэффициентов ущерба.

На рис. 6.1.18 показаны результаты для случая, когда было введено ускорение грунта, соответствующее землетрясению в 8~9 баллов, исходя при этом из предположения, что при предельной величине смещения этажей коэффициент ущерба составит 50%, а при смещении, соответствующем предельному напряжению сдвига – 0%. Предельное безопасное смещение было рассчитано по коэффициенту пластичности, полученному на основании существующих критериев диагностики сейсмостойкости железобетонных зданий (Японская ассоциация предотвращения бедствий в зданиях, 2001). В п. 6.1 приведено сопоставление с функцией ущерба зданиям по этой классификации: хотя в связи с различием в количестве арматуры восприятия напряжений сдвига в колоннах и различием в введенной силе сейсмических колебаний коэффициенты разрушений различаются, наблюдаются тенденции, практически идентичные функции ущерба.

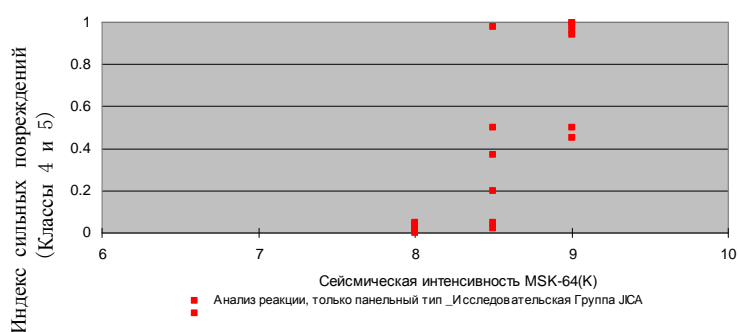


Рис. 6.1.18 Оценочные коэффициенты ущерба при различной балльности землетрясений (на основании расчета реакции на сейсмические колебания)

(7) Упрощенная диагностика кирпичных зданий

1) 4-этажные дома серии 308

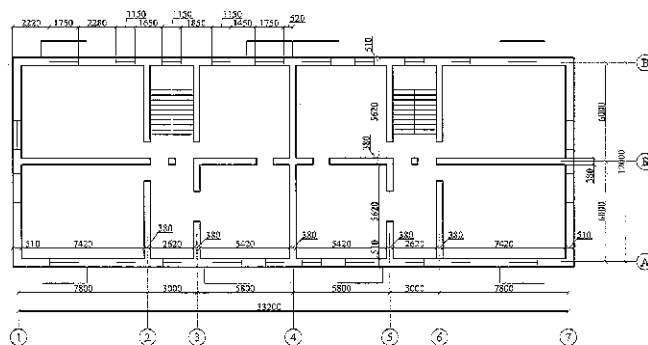


Рис. 6.1.19 План кирпичного дома серии 308

План кирпичного дома серии 308 показан на рис. 6.1.19. В случае домов этой серии была выполнена упрощенная диагностика, с расчетом коэффициента сопротивления сдвигу по прочности строительного раствора. Это соответствует уровню первичной диагностики методик диагностики железобетонных сооружений. Было принято условное предположение, что использовался цементный раствор класса 50, у которого предел прочности при сжатии составляет 50 кг/см² (5 Н/мм²), а предел прочности кирпичных стен при сдвиге равен 1/25 этой величины.

Площадь пола типового этажа: $12 \text{ м} \times 33,2 \text{ м} = 398,4 \text{ м}^2$

Вес, приходящийся на единицу площади, был взят как $12,5 \text{ кН/м}^2$ (рассчитано исходя из следующего: толщина наружных стен – 51 см; толщина внутренних стен – 38 см; толщина канальной плиты пола – 22 см), а для самого верхнего этажа – $8,8 \text{ кН/м}^2$.

Площадь стен в направлении по длине 1-го этажа: $2,914 \times 10^6 \text{ см}^2$

Коэффициент сопротивления сдвигу (прочность/вес здания) в направлении по длине 1-го этажа: $5828 \text{ кН} / 18446 \text{ кН} = 0,31$

Площадь стен в направлении по ширине 1-го этажа: $3,144 \times 10^6 \text{ см}^2$

Коэффициент сопротивления сдвигу (прочность/вес здания) в направлении по ширине 1-го этажа: $6288 \text{ кН} / 18446 \text{ кН} = 0,34$

Если условно принять коэффициент пластичности за 1,0 и взять среднюю величину коэффициентов сопротивления сдвигу для направлений по длине и ширине здания, то эквивалентный коэффициент сейсмостойкости конструкции составит 0,32.

2) Сейсмические испытания 3-этажного дома серии 308

На рис. 6.1.20 проиллюстрировано сейсмическое испытание дома 308 серии (3-этажного), проведенное КазНИИССА в Алматы 12 марта 2008 г.

Краткая характеристика: на крыше дома была установлена вибромашина для генерирования колебаний в направлении длины здания. Сейсмическое испытание было проведено по методике генерирования резонансных колебаний.

Наблюдавшийся в ходе эксперимента период колебаний здания, а также зарегистрированные данные ускорения на каждом из этажей не опубликованы.

Ущерб: серьезные разрушения, включая падение перемычек над проемами, внутренних лестничных маршей, обрушение простенков, образование больших сдвиговых трещин в стенах, и т.д. Вместе с тем, не произошло обрушения внешних стен в наружную сторону и падений плит полов.



а) Вибромашина на крыше дома в) Внешний вид дома с) Разрушения внутри дома

Рис. 6.1.20 Сейсмическое испытание кирпичного дома (КазНИИССА)

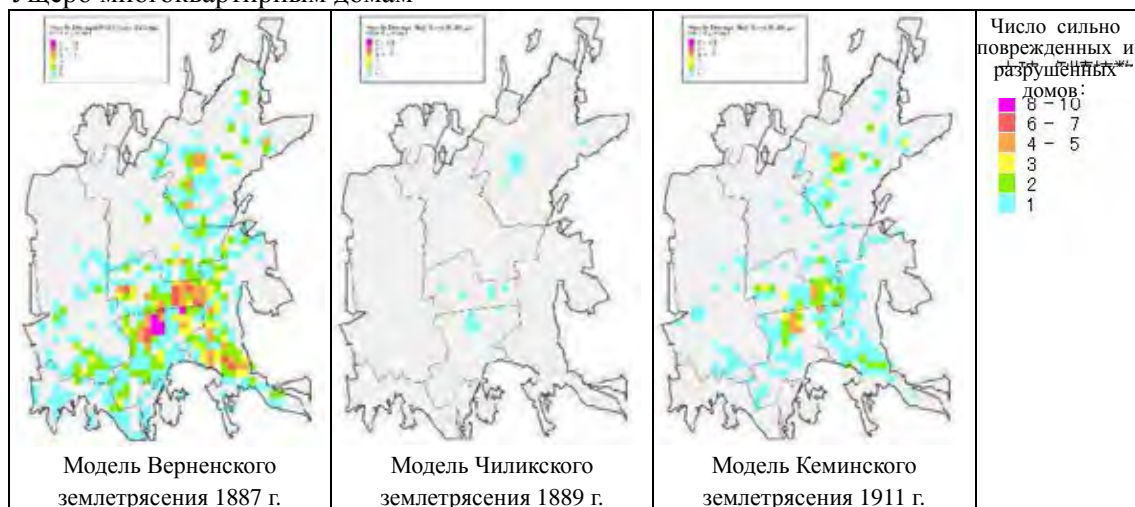
6.1.5 Предположительный ущерб зданиям

Результаты предположительной оценки ущерба зданиям при трех сценарных землетрясениях приведены с разбивкой по многоквартирным и индивидуальным домам: многоквартирные дома – табл. 6.1.3 и рис. 6.1.21, индивидуальные дома – рис. 6.1.22. Указано распределение ущерба, рассчитанное с использованием величин колебаний земной поверхности при каждом из сценарных землетрясений, распределения зданий по конструкции, а также функции ущерба. Наибольшим ущерб является при сценарии Верненского землетрясения: сильно поврежденными или полностью разрушенными оценочно окажутся примерно 990 многоквартирных и 24400 индивидуальных домов.

Табл. 6.1.3 Результаты оценки предположительного ущерба зданиям

Район	Опись			Модель Вернинского землетрясения, 1887 г.						Модель Чиликского землетрясения, 1889 г.			Модель Кеминского землетрясения, 1911								
	Многоэтажные квартирные (x 100)	Индивидуальные дома (x100)	Жилищные единицы (x100)	Многоэтажные квартирные (x 100)	Индивидуальные дома (x100)	Жилищные единицы (x100)	Многоэтажные квартирные (x 100)	Индивидуальные дома (x100)	Жилищные единицы (x100)	Многоэтажные квартирные (x 100)	Индивидуальные дома (x100)	Жилищные единицы (x100)	Многоэтажные квартирные (x 100)	Индивидуальные дома (x100)	Жилищные единицы (x100)						
Алмалинский	9,3	34,7	437	1,4	15%	7,1	20%	49	11%	0,1	1%	1,5	4%	5	1%	0,7	8%	4,4	13	23	5%
Ауэзовский	18,0	156,2	988	1,0	6%	45,6	29%	76	8%	0,1	0%	7,2	5%	9	1%	0,4	2%	27,3	17	40	4%
Бостандыкский	14,1	17,6	671	2,3	16%	10,1	57%	77	12%	0,1	1%	1,3	7%	5	1%	0,9	6%	5,1	29	30	4%
Жетысуский	8,9	121,8	456	0,7	8%	34,3	28%	54	12%	0,1	1%	8,6	7%	11	2%	0,4	4%	23,7	19	33	7%
Мелеуский	12,3	126,2	610	2,4	20%	48,3	38%	123	20%	0,2	2%	8,7	7%	13	2%	0,9	7%	26,8	21	53	9%
Гурьевский	13,7	144,4	609	1,5	11%	45,7	32%	82	13%	0,3	2%	15,5	11%	21	3%	0,9	7%	33,9	23	55	9%
Во городом	11,4	128,5	679	0,6	5%	52,8	41%	70	10%	0,0	0%	9,3	7%	10	2%	0,2	2%	31,1	24	37	5%
того	87,7	739,3	4450	9,9	11%	244,1	33%	533	12%	0,8	1%	52,0	7%	74	2%	4,3	5%	152,3	21	270	6%

Ущерб многоквартирным домам



Ущерб индивидуальным домам

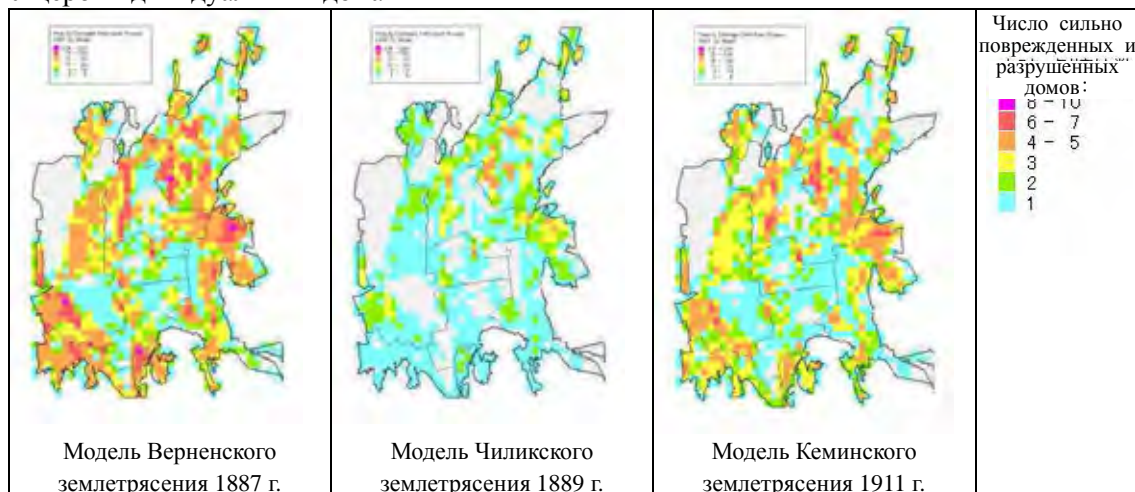


Рис. 6.1.21 Результаты оценки предположительного ущерба зданиям (индивидуальным домам)

Список литературы

- 1) Японская ассоциация предотвращения бедствий в зданиях, «Пересмотренная версия 2001 года: критерии диагностики сейсмостойкости существующих железобетонных зданий / Руководство по применению директивных указаний по проектированию модернизации зданий» (на яп. яз.)
- 2) UNDP (2005) «Local Risk-Management in Earthquake Zone of Kazakhstan» Almaty
- 3) EERI (January 1989), Earthquake Spectra, 'Armenia Earthquake Reconnaissance Report
- 4) Японский центр строительства, Японский архитектурный институт «Отчет об ущербе зданиям в результате землетрясения в г. Спитак (Армения)» (на яп. яз.). Яманака Ясунори, Кобаяси Тосио, Хиросава Масая. 1989, июнь.
- 5) Stephanie A. King, Vitaly I. Khalturin and Brian E. Tucker (1996) Seismic Hazard and Building Vulnerability in Post-Soviet Central Asian Republics
- 6) UNDP (2004) Ministry of Education and Science of Republic of Kazakhstan and others, 'Lessons from Lugovskoy Earthquake in 23 May 2003 in Kazakhstan' (на англ. яз.)
- 7) Shamil Khakimov, Housing Report #66, World Housing Encyclopedia, "Precast reinforced concrete frame panel system of series IIS-04"

- 8) Японский архитектурный институт, 1982 г., «Стандарты проектирования зданий из сборных железобетонных стеновых панелей. Пояснения к стандартам» (на яп. яз.), с. 12
- 9) Dr. Ashimbaev M. Housing Report No.32, World Housing Encyclopedia, 'Prefabricated Large Panel Concrete Buildings with Two Interior Longitudinal Walls'

6.2 Человеческие жертвы

Причинами травм и гибели людей при землетрясении могут быть обрушения зданий, падения тяжелой мебели, пожары, цунами, оползни, гибель вследствие шока, и др. Наиболее распространенной и общей для всех землетрясений причиной травм и человеческих жертв является обрушение зданий. То, какие причины травм и жертв являются основными, зависит от ситуации с грунтом и зданиями в данном конкретном месте, от общественного устройства и т.д. В Алматы, вероятно, такими причинами могут стать обрушения зданий и пожары. В данном параграфе будет рассмотрен вопрос о человеческих жертвах в результате обрушения домов. Вопрос о пожарах будет изложен в п. 6.5.

6.2.1 Методика предположительной оценки человеческих жертв

Связь между ущербом зданиям и человеческими жертвами различается в зависимости от конструкции домов и условий проживания населения. Поэтому эта связь является разной в зависимости от региона и времени. Желательно составить функцию ущерба на основании материалов по бедствиям, вызванным недавними землетрясениями в целевом регионе. Однако, в Алматы последним землетрясением, повлекшим человеческие жертвы, было давнее Кеминское землетрясение 1911 г. Конструкция и размеры зданий, существовавших в Алматы в начале 20-го века, значительно отличались от современных, поэтому использовать данные о жертвах Кеминского землетрясения возможным не представляется. Наиболее важны для составления функции ущерба сведения о землетрясении 1988 г. а Спитаке (Армения), так как конструкция домов и социальное устройство в этом регионе схожи с существующими в Казахстане. На рис. 6.2.1 указано суммарное число погибших в результате землетрясения в Спитаке, а также число сильно поврежденных домов. Это землетрясение сильно повредило или разрушило примерно 50 тыс. домов и унесло жизни примерно 25 тыс. чел. При составлении функции, описывающей масштаб человеческих жертв, в качестве переменной чаще всего используют число разрушенных домов. Однако, в Алматы велико число многоквартирных домов, и число проживающих в одном доме семей различается в зависимости от конкретного дома. Поэтому «число домов» использовать в качестве переменного параметра нежелательно, а лучше использовать показатель «числа жилых единиц». Таким образом, функция, описывающая масштаб человеческих жертв, должна в нашем случае позволять рассчитать число жертв в соответствии числом квартир в зданиях, понесших ущерб.

При проработке вопроса о функции, характеризующей жертвы/травматизм среди населения, следует также учесть различия в размерах домов. Можно наблюдать, что при обрушении многоквартирных домов высокой этажности число жертв в расчете на одну квартиру больше, чем при обрушении одноэтажных домов. Причиной практически всех случаев гибели людей в Стамбуле во время Коджелийского землетрясения 1999 г. стало обрушение 10~15-этажных

жилых домов. Ущерб от этого землетрясения показан на рис. 6.2.1. Можно видеть, что доля смертей, вызванных обрушением многоэтажных жилых домов, выше, чем сводный показатель, рассчитанный с учетом также и одноэтажных домов. Такую же тенденцию можно наблюдать в отношении землетрясения в г. Эрзинджан (Турция) 1992 г.

На основании исследования вышеуказанного вопроса, были выведены функции, описывающие масштабы жертв среди населения для случаев многоэтажных жилых домов и одноэтажных жилых домов. При этом в основном были использованы данные о жертвах при Спитакском землетрясении. Численность погибших, травмированных и госпитализированных была нами рассчитана с использованием пропорции между числом погибших, травмированных и госпитализированных при Спитакском землетрясении.

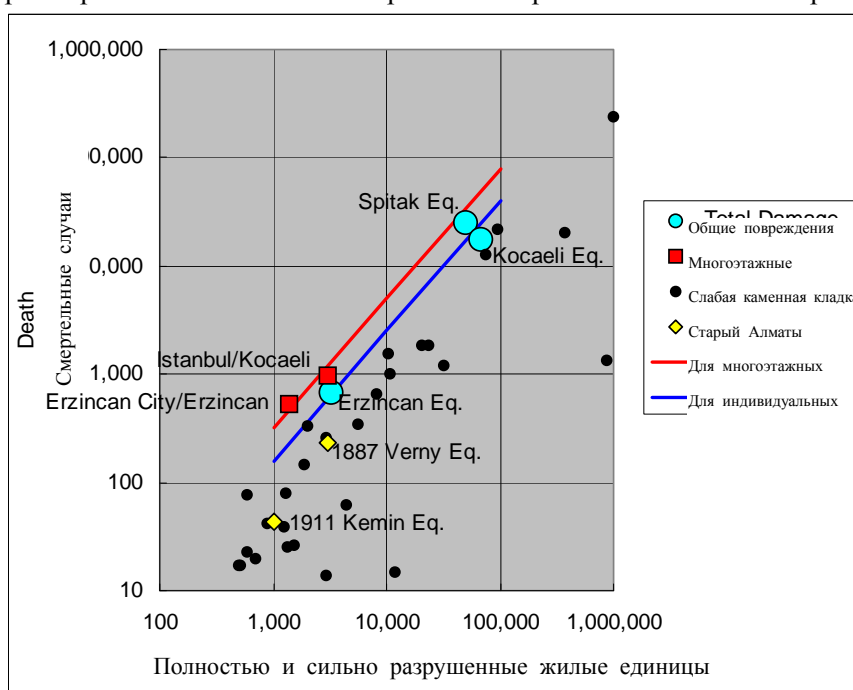


Рис. 6.2.1 Оценочное число погибших и функция, описывающая масштаб жертв среди населения

6.2.2 Оценочное число человеческих жертв

Число погибших рассчитано исходя из размеров ущерба зданиям. В качестве параметра ущерба зданиям было использовано предположительное число поврежденных и разрушенных жилых единиц. С использованием данных о числе квартир в каждом доме (данные по жилому фонду, имеющиеся в Центру по недвижимости) было рассчитано среднее количество квартир в доме по каждому условному квадрату и по каждому микрорайону, с разбивкой по домам каждой выделенной категории. На рис. 6.2.2 показано оценочное распределение жилых единиц.

Ущерб домам (на базе числа жилых единиц) был рассчитан для каждого из 3 сценарных землетрясений методом, аналогичным указанному в п. 6.1. При расчете ущерба зданиям не рассматривался ущерб учебным заведениям и коммерческим учреждениям; по этой причине человеческие жертвы на этих объектах также не рассматривались. В этом смысле можно

считать, что вопрос о человеческих жертвах рассматривался применительно к ситуации условного землетрясения, происходящего ночью, когда люди находятся дома. По каждому району рассчитано число погибших и раненых, результаты расчетов показаны в табл. 6.2.1. Кроме того, на рис. 6.2.3 указано распределение численности погибших. Наиболее велико число жертв в случае бедствия по модели Верненского землетрясения: ок. 25 тысяч погибших и ок. 31 тысячи раненых.

Coburn and Spence (1992) на материале многих землетрясений во всем мире исследовали вопрос о связи между ущербом зданиям и численностью погибших. В качестве показателя ущерба зданиям они использовали число домов, получивших сильные и более тяжелые повреждения; из рассмотрения были исключены жертвы пожаров и цунами. Выявленная связь указана на рис. 6.2.4, причем к исследованиям Coburn and Spence добавлены данные об ущербе от нескольких недавних землетрясений, а также скорректированы прерывистые линии, показывающие общую связь между числом погибших и ущербом зданиям. В случае ущерба 1000 домам численность погибших в зависимости от конкретного случая может варьироваться в диапазоне от 0 до 1000 чел. При увеличении размеров ущерба зданиям наблюдается тенденция к сужению этого диапазона.

В 20-21 веках самым тяжелым по своим последствиям явилось пока Таншаньское землетрясение 1976 г. в Китае, когда был сильно поврежден или разрушен 1 млн. зданий, погибло 240 тыс. чел. Окончательных данных по землетрясению в провинции Сычуань, случившемуся в мае 2008 г., пока еще нет, однако, скорее всего, это землетрясение окажется по масштабам ущерба вторым. По оценкам, оно унесло жизни не менее 70 тыс. чел. Агентство Синьхуа сообщает, что было разрушено свыше 5 млн. зданий. Хотя, как следует полагать, эта цифра включает также ущерб от крупных оползней и обрушения склонов.

Можно заметить тенденцию к увеличению числа погибших в расчете на 1 дом, когда основной ущерб землетрясение наносит железобетонным жилым домам средней и высокой этажности. Связь между числом поврежденных домов и числом погибших по 3 сценарным землетрясениям отражена зоной, расположенной рядом с крайней верхней частью интервала, ограниченного прерывистыми линиями. Такой результат отражает гибель людей в основном в результате обрушения средне- и многоэтажных жилых домов.

Список литературы

- 1) Coburn, A. W. and R. J. S. Spence, 1992, Earthquake Protection, John Wiley.

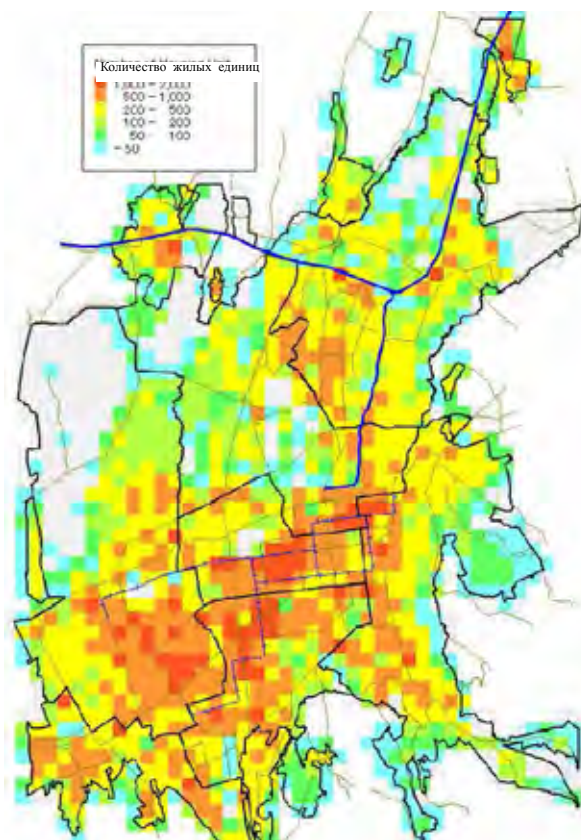


Рис. 6.2.2 Распределение числа жилых единиц

Табл. 6.2.1 Обобщение оценки человеческих жертв

Район	Современная ситуация		Модель Верненского землетрясения 1887 г.					Модель землетрясения 1889 г.			Модель землетрясения 1911 г.									
	Число жилых единиц (тыс.)	Население (тыс. чел.)	Число погибших (тыс. чел.)		Число раненых (тыс. чел.)		Число госпитализированных (тыс. чел.)		Число погибших (тыс. чел.)		Число раненых (тыс. чел.)		Число госпитализированных (тыс. чел.)							
Алмалинский	43,7	179,1	2,7	1,5%	3,3	1,8%	1,3	0,7%	0,1	0,1%	0,2	0,1%	0,1	0,0%	1,0	0,6%	1,3	0,7%	0,5	0,3%
Ауэзовский	98,8	329,3	3,1	0,9%	3,8	1,2%	1,5	0,4%	0,2	0,1%	0,2	0,1%	0,1	0,0%	1,3	0,4%	1,6	0,5%	0,6	0,2%
Бостандыкский	67,1	285,6	4,6	1,6%	5,8	2,0%	2,2	0,8%	0,2	0,1%	0,2	0,1%	0,1	0,0%	1,4	0,5%	1,8	0,6%	0,7	0,2%
Жетысуский	45,6	167,3	2,0	1,2%	2,5	1,5%	1,0	0,6%	0,3	0,2%	0,3	0,2%	0,1	0,1%	1,1	0,6%	1,3	0,8%	0,5	0,3%
Мелеуский	61,0	145,3	6,5	4,5%	8,1	5,6%	3,1	2,1%	0,4	0,2%	0,4	0,3%	0,2	0,1%	2,1	1,5%	2,7	1,8%	1,0	0,7%
Туркисбский	60,9	180,3	3,5	1,9%	4,3	2,4%	1,7	0,9%	0,6	0,3%	0,7	0,4%	0,3	0,2%	2,1	1,1%	2,6	1,4%	1,0	0,5%
За городом	67,9	175,6	2,6	1,5%	3,2	1,8%	1,2	0,7%	0,2	0,1%	0,3	0,2%	0,1	0,1%	1,1	0,6%	1,4	0,8%	0,5	0,3%
Итого	445,0	1463,8	25,0	1,7%	31,0	2,1%	12,0	0,8%	1,9	0,1%	2,4	0,2%	0,9	0,1%	10,2	0,7%	12,6	0,9%	4,9	0,3%

* Число жилых единиц рассчитано по среднему числу человек, проживающих в одной жилой единице.

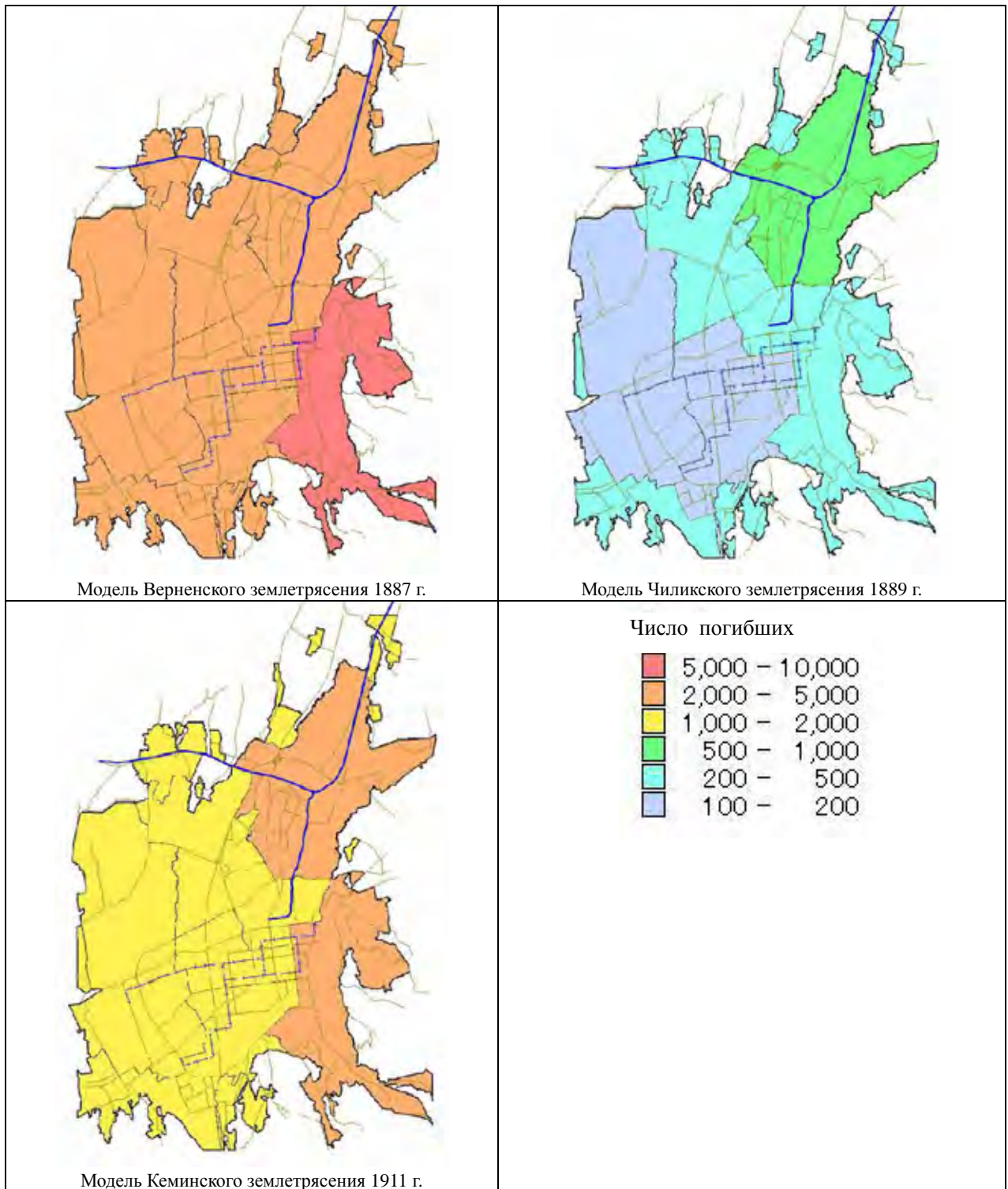


Рис. 6.2.3 Итоги предположительной оценки распределения числа погибших

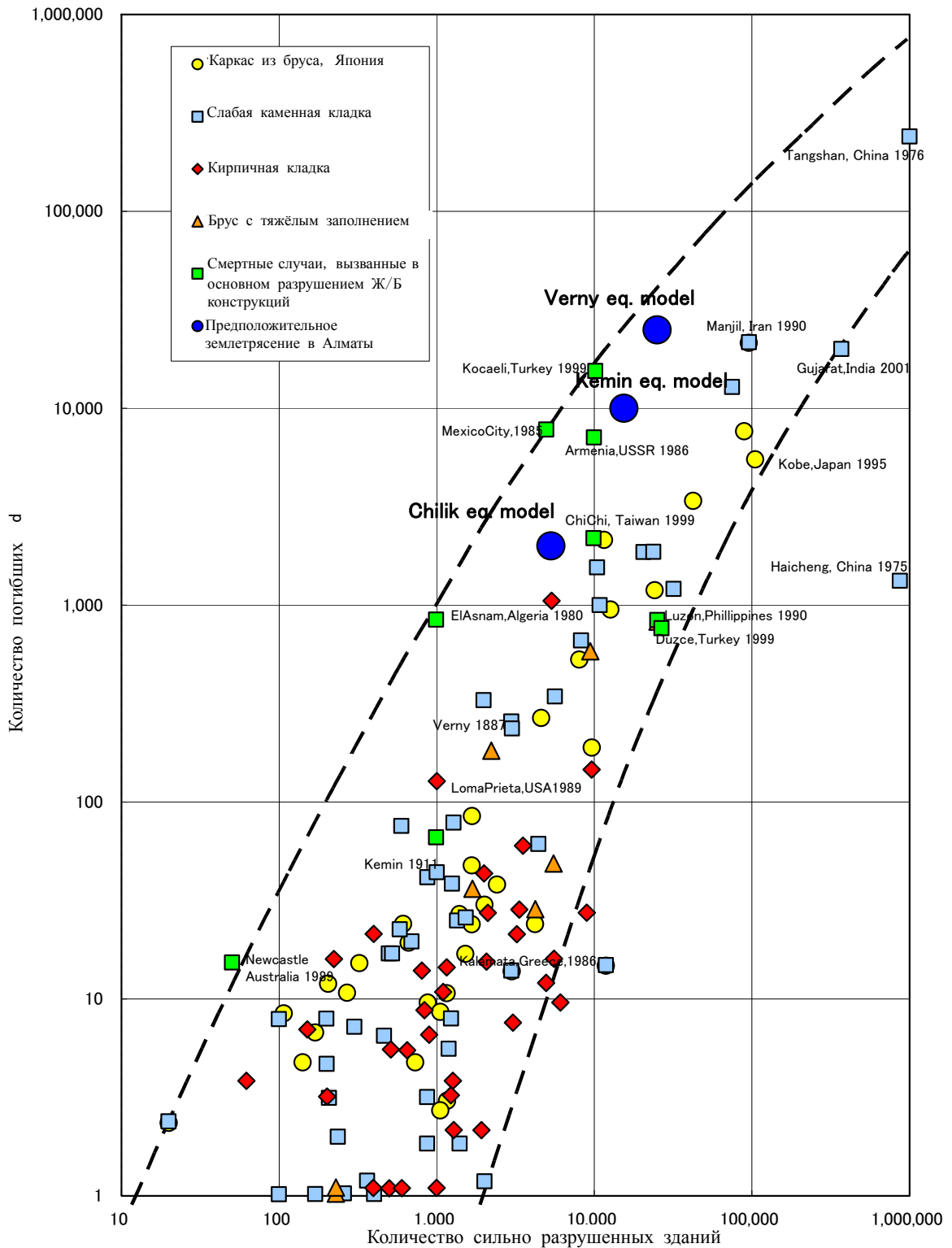


Рис. 6.2.4 Связь между суммарным числом погибших и суммарным ущербом зданиям (по: Coburn & Spence (1992), дополнено Группой JICA)

6.3 Мосты

Дороги, мосты и иная транспортная инфраструктура имеет большое значение для эвакуации, исследования ущерба, а также для помощи и спасения. В особенности с точки зрения поддержания транспортной функции дорог при землетрясении, наиболее критическим является тот факт, что бедственная ситуация мостов, выражающаяся, например, в их обвале, может породить транспортные препятствия. Однако мы пришли к мнению, что трудно предположить характер разрушения мостов на основе существующих материалов, поэтому в рамках данного Изучения мы составили оценку степени уязвимости для мостов на случай землетрясения на основе изучения на местах.

6.3.1 Оценка степени ущерба мостам

(1) Объекты анализа

Оценка степени ущерба при трех сценарных землетрясениях была выполнена в отношении 48 основных мостов, входящих в число 56 разноуровневых пересечений дорог и коммуникаций, информация по которым имеется в распоряжении Управление МПГОиЧС (исключены из рассмотрения водопропускные трубы и др. сооружения, с очевидностью являющиеся незначительными).

Местонахождения объектов анализа показаны на рис. 6.3.1. «Листы обследования», «Подробные карты местонахождения», а также «Фотографии и комментарии» приложены к Тому V «Сборник материалов отчета по компонентам Проекта».

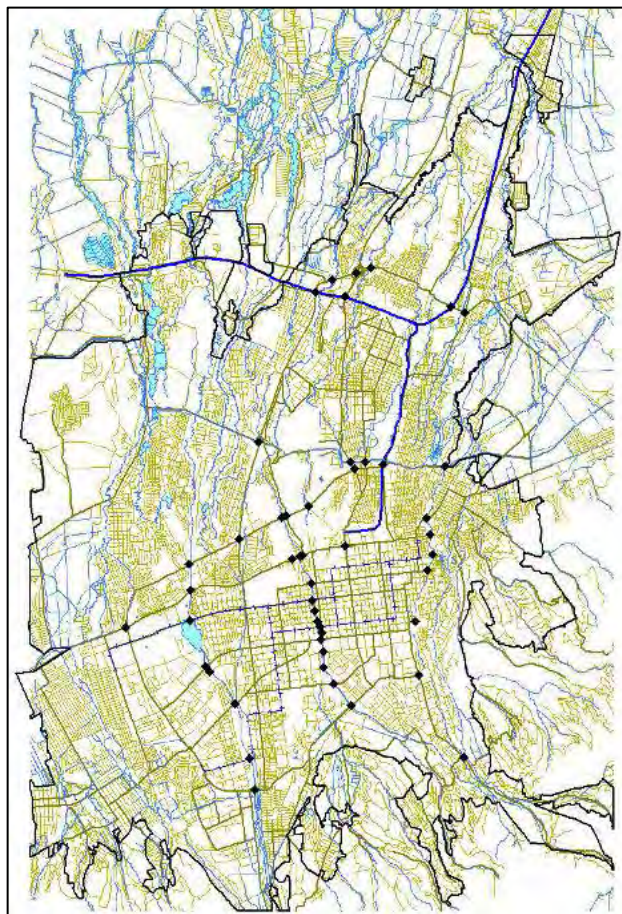


Рис. 6.3.1 Местонахождение целевых мостов исследования

(2) Методика оценки

В силу того, что Группе Изучения не были предоставлены проектные стандарты и схемы мостов, а также ввиду необходимости проводить исследования в Казахстане в течение ограниченного времени, оценка степени ущерба получилась сравнительно упрощённой. Она была осуществлена при помощи так называемого «Метода Катаяма», который использовался в предыдущих исследованиях, схожих с данным Изучением (Кубо, Катаяма, 1978). Особенность метода Катаяма заключается в том, что оценка сейсмостойкости выполняется на основании внешнего визуального обследования распределения длины пролетов моста, конструкции подферменников мостовых опор и т.д. Выполняемая оценка опирается на результаты статистического анализа связи между степенью ущерба, причиненного мостам предыдущими крупными землетрясениями в Японии, и рубриками, на которые землетрясения оказывают сильное воздействие.

Порядок использования метода Катаяма указан ниже:

1. На основе исследований на местах устанавливается структура мостов, их материалы, а также ситуация с грунтами.
2. На основе анализа грунта и землетрясений создаётся предположение о толчках и степени риска текучести.

3. Исходя из вышеуказанных результатов, по десяти пунктам, указанным в табл. 6.3.1 ниже, выставляются баллы.
4. Баллы по каждому из пунктов умножаются на применяемые к ним весовые коэффициенты (см. табл. 6.3.1), образуя общий оценочный балл.
5. Степень уязвимости получается на основании критерия оценки, основывающегося на пороговом значении с общим оценочным баллом.

Табл. 6.3.1 Критерии оценки уязвимости мостов

Пункт		Классификация	Весовой коэффициент	КОД
Риск	Сейсмическая интенсивность (японская метеорологическая служба)	Немного менее 5	1,0	1
		Немного более 5	1,7	2
		Немного менее 6	2,4	3
		Немного более 6	3,0	4
		7	3,5	5
	Размягчение (грунта)	Нет	1,0	1
		Есть опасность	1,5	2
Имеется		2,0	3	
Верхнее строение	Количество пролётов	1	1,0	1
		2 и выше	1,75	2
	Балочное строение	Арочный, рамный мост	1,0	1
		Непрерывная балка	2,0	2
		Простой, составной	3,0	3
	Опора	С предотвращением падения	0,6	1
		Обычный тип	1,0	2
		Две подвижные опоры на 1 бык моста	1,15	3
	Ширина в самом высоком месте	Широкий	0,8	1
		Узкий	1,2	2
Нижнее строение	Высота устоев/быков моста	≤ 5 м	1,0	1
		5 м ~ 10 м	1,35	2
		≥ 10 м	1,7	3
	Фундамент	Свайная опора	1,4	1
		Иное	1,0	2
	Материал устоев/быков моста	Неармированный бетон, иное	1,4	1
		Железобетон	1,0	2
	Грунт опоры фундамента	1 типа (твёрдый)	0,5	1
		2-х типов (средней твёрдости)	1,0	2
		3-х типов (мягкий)	1,5	3
4-х типов (крайне мягкий)		1,8	4	

Во время исследований на местах было обнаружено снижение качества мостов, выражающееся в выщелачивании кальция из бетона, ржавости арматуры и каркаса, появлении структурных трещин и т.п. Считаем, что это было вызвано недостатками исполнения строительных работ (нехватка цемента и излишняя вибрация), а также ухудшением в течение времени. Полагаем, что такое снижение качества может оказать крайне большое влияние на вопрос устойчивости мостов в случае землетрясений, поэтому в дополнение к критериям оценки, указанным в табл. 6.3.1, в табл. 6.3.2 указаны критерии оценки в отношении состояния мостов.

Табл. 6.3.2 Дополнительные критерии оценки мостов (качество)

Пункты	Классификация	Весовой коэффициент	КОД
Качество	Нормальное	1,0	1
	Незначительное ухудшение	2,0	2
	Ухудшение	3,0	3

*Ухудшение: размягчение поверхности бетона, вымывание кальция из бетона, ржавость арматуры и каркаса, структурные трещины в бетоне и т. п.

Пороговые значения для определения степени уязвимости и вынесения соответствующего суждения установлены, как указывается в табл. 6.3.3, в соответствии с фактическими результатами землетрясений в Японии, и в рамках данного Изучения оценка выполняется с их использованием.

Табл.6.3.3 Определения для вынесения суждений об уязвимости и пороговые значения для суждений

Степень уязвимости		Пороговые значения
A	<ul style="list-style-type: none"> • Велика возможность обрушивания • Возникновение значительных смещений • Невозможность использования в течение длительного времени, необходимость в реконструкции 	Более 30
B	<ul style="list-style-type: none"> • Средняя возможность обрушивания • Возникновение смещений • Невозможность разового использования, необходимость ремонта, улучшения 	От 26 до 30
C	<ul style="list-style-type: none"> • Небольшая возможность обрушивания • Возникновение небольших смещений • В основном можно использовать после осмотра 	В пределах 26

(3) Результаты оценки

Общая таблица результатов оценки степени уязвимости мостов показана в табл. 6.3.4 - табл. 6.3.6. Внизу приводятся обобщающие материалы по результатам:

- Среди 48 мостов, для которых была проведена оценка, для 18 мостов степень опасности уязвимости при сценарном Вернинском землетрясении 1887 года была оценена как А (высокая), для остальных 20 мостов была вынесена оценка С (низкая). При Чиликском землетрясении 1889 года для 6 мостов была вынесена оценка А, для 42 мостов - оценка С, при Кеминском землетрясении 1911 года для 11 мостов - оценка А, для 37 мостов - оценка С.
- В общем и целом весовые коэффициенты в отношении как сейсмической интенсивности, так и качества мостов были довольно высоки. Несмотря на то, что их большие значения поднимали общий балл, не только эти два вышеуказанных высоких значения сами по себе поднимали оценку степени опасности уязвимости до уровня А (свыше 30 оценок в общем).
- Была большая разница в весовых коэффициентах, зависящая также и от разницы типов верхней части структуры (в особенности балочного строения и опорных колодок). Тот факт, что весовые коэффициенты были большими для верхней части мостов послужило основным непосредственным фактором для вынесения оценки опасности А (свыше 30 оценок в общем).

6.3.2 Верификация степени ущерба мостам при сценарных землетрясениях. Анализ факторов ущерба

Из 48 мостов, которым давалась оценка, по 6 мостам было вынесено заключение об ущербе класса «А» (высокая вероятность обвала при землетрясениях) при всех вариантах сценарных землетрясений (Вернинское 1887 г., Чиликское 1889 г., Кеминское 1911 г.). Пяти мостам ущерб класса «А» будет причинен только при землетрясениях по сценарию Вернинского и Кеминского, и 7 мостам ущерб класса «А» будет причинен только при землетрясении по сценарию Вернинского. Содержание оценки этих мостов повышенной опасности (всего 18 мостов) указано в табл. 6.3.7, а их местонахождение – на рис. 6.3.2.

Ниже указаны 3 основных фактора, обусловивших оценку степени ущерба мостам по классу «А» – т.е. в качестве мостов, вероятность обрушения которых при землетрясении высока.

- Низкие антисейсмические свойства балочных конструкций, мостовых опор, а также ширины подферменных площадок мостовых опор
- Недоброкачественное выполнение инженерно-строительных работ, а также верифицированное снижение качества мостов, рассматривающееся как результат старения и износа
- Высокая интенсивность сценарных землетрясений (высокая балльность)

Третий из перечисленных выше факторов – интенсивность землетрясений – связан с местонахождением мостов, не являясь фактором, требующим принятия превентивных мер в связи с мостом как таковым. Поэтому в отношении основных факторов, обусловивших оценку ущерба мостам при землетрясении по классу «А», мы предпримем анализ только тех рубрик, которые связаны с антисейсмическими свойствами и качеством мостов.

Табл. 6.3.7 Оценка мостов, характеризующихся повышенным риском

№	Код	Коды										Коэф. риска (по методу Катана)									1887, Верный		1889, Чилик		1911, Кемин									
		Тип балки	Тип опор	Мат. покрытия	Ферментация	Мат. мостов	Тип фермента	Материал устонов	Тип грунта	Чувствительность в	Чувствительность в	Чувствительность в	Чувствительность в	Чувствительность в	Чувствительность в	Чувствительность в	Чувствительность в	Чувствительность в	Чувствительность в	Чувствительность в	Чувствительность в	Чувствительность в	Чувствительность в	Чувствительность в	Чувствительность в	Чувствительность в	Чувствительность в	Чувствительность в						
																													1	2	3	4	5	6
2	BEK-1	2	3	3	1	2	2	2	2	1	3	1.75	3.00	1.15	1.20	1.35	1.40	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	4	3.00	123.24	A	2	1.70	69.83	A	3	2.40	98.59	A
5	EYS-1a	2	2	3	2	1	2	2	2	1	3	1.75	2.00	1.15	1.20	1.00	1.40	1.00	1.00	1.00	3.00	3	2.40	48.69	A	1	1.00	20.29	---	2	1.70	34.49	A	
8	EYS-2a	2	2	3	2	1	2	2	2	1	2	1.75	2.00	1.15	1.20	1.00	1.40	1.00	1.00	1.00	2.00	3	2.40	32.46	A	1	1.00	13.52	---	2	1.70	22.99	---	
13	KAI-1	2	2	2	2	1	2	2	2	1	3	1.75	2.00	1.00	1.20	1.00	1.40	1.00	1.00	1.00	3.00	3	2.40	42.34	A	1	1.00	17.64	---	2	1.70	29.99	B	
15	KAI-2a	1	3	2	2	1	2	2	2	1	2	1.00	3.00	1.00	1.20	1.00	1.40	1.00	1.00	1.00	2.00	4	3.00	30.24	A	1	1.00	10.08	---	2	1.70	17.14	---	
16	KAI-2c	2	2	2	1	2	2	2	2	1	3	1.75	2.00	1.00	0.80	1.35	1.40	1.00	1.00	1.00	3.00	4	3.00	47.65	A	1	1.00	15.88	---	2	1.70	26.99	B	
18	ZHA-1	2	2	3	2	2	2	2	2	1	3	1.75	2.00	1.15	1.20	1.35	1.40	1.00	1.00	1.00	3.00	4	3.00	82.16	A	2	1.70	46.56	A	3	2.40	65.73	A	
19	ZHA-2	2	2	2	1	2	2	2	2	1	3	1.75	2.00	1.00	1.20	1.35	1.40	1.00	1.00	1.00	3.00	4	3.00	71.44	A	2	1.70	40.48	A	3	2.40	57.15	A	
21	SEV-0	2	2	2	1	1	2	1	2	1	3	1.75	2.00	1.00	0.80	1.00	1.40	1.40	1.00	1.00	3.00	4	3.00	49.39	A	2	1.70	27.99	B	3	2.40	39.51	A	
22	SEV-1	2	3	3	2	2	2	1	2	1	3	1.75	3.00	1.15	1.20	1.35	1.40	1.40	1.00	1.00	3.00	3	2.40	138.03	A	2	1.70	97.77	A	3	2.40	138.03	A	
23	SEV-2	1	3	2	2	1	2	1	2	1	3	1.00	3.00	1.00	1.20	1.00	1.40	1.40	1.00	1.00	3.00	4	3.00	63.50	A	2	1.70	35.99	A	3	2.40	50.80	A	
27	ESE-3	1	3	2	2	1	1	2	2	1	3	1.00	3.00	1.00	1.20	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	4	3.00	32.40	A	1	1.00	10.80	---	2	1.70	18.36	---	
29	ESE-5	2	2	2	2	1	1	2	2	1	3	1.75	2.00	1.00	1.20	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	4	3.00	37.80	A	1	1.00	12.60	---	3	2.40	30.24	A	
36	BOL-1	2	2	3	2	1	1	2	2	1	3	1.75	2.00	1.15	1.20	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	5	3.50	50.72	A	1	1.00	14.49	---	2	1.70	24.83	---	
37	BOL-2	2	2	3	2	2	1	2	2	1	3	1.75	2.00	1.15	1.20	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	4	3.00	58.68	A	1	1.00	19.56	---	2	1.70	33.25	---	
38	BOL-3	1	3	2	2	1	1	2	2	1	3	1.00	3.00	1.00	1.20	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	4	3.00	32.40	A	1	1.00	10.80	---	3	2.40	25.92	A	
39	BOL-4	1	3	3	2	1	1	2	2	1	3	1.00	3.00	1.15	1.20	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	4	3.00	37.26	A	1	1.00	12.42	---	2	1.70	21.11	---	
42	MAL-1	1	3	2	2	1	1	1	2	1	3	1.00	3.00	1.00	1.20	1.00	1.00	1.40	1.00	1.00	3.00	4	3.00	45.36	A	2	1.70	25.70	---	2	1.70	25.70	---	
43	MAL-2	1	3	2	1	1	1	1	2	1	3	1.00	3.00	1.00	0.80	1.00	1.00	1.40	1.00	1.00	3.00	4	3.00	30.24	A	1	1.00	10.08	---	2	1.70	17.14	---	
45	MAL-4	1	3	2	2	1	1	2	2	1	3	1.00	3.00	1.00	1.20	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	4	3.00	32.40	A	1	1.00	10.80	---	2	1.70	18.36	---	
47	MAL-6	2	2	2	2	2	1	2	2	1	2	1.75	2.00	1.00	1.20	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00	5	3.50	39.69	A	1	1.00	11.34	---	2	1.70	19.28	---	
48	MAL-7	2	2	2	1	2	1	1	2	1	3	1.75	2.00	1.00	0.80	1.35	1.00	1.40	1.00	1.00	3.00	5	3.50	55.57	A	2	1.70	26.99	B	3	2.40	38.10	A	

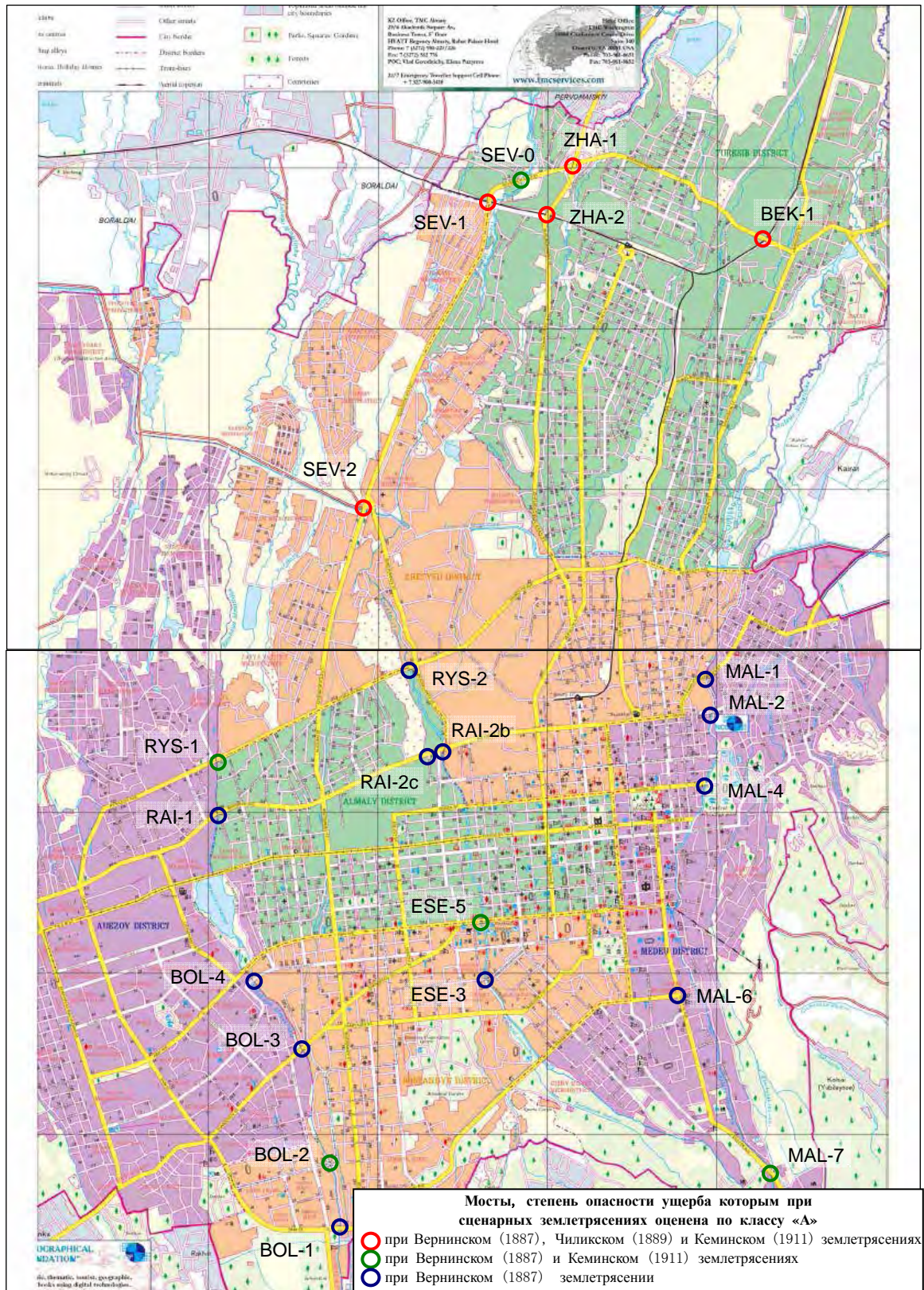


Рис. 6.3.2 Карта местонахождения мостов, оцененных по сейсмостойким свойствам в качестве объектов повышенного риска

(1) Анализ факторов, связанных с сейсмостойкими свойствами

В табл. 6.3.8 приведены определения величин весового множителя, обусловленных балочными конструкциями, мостовыми опорами и подферменными площадками опор.

Табл. 6.3.8 Критерии оценки степени ущерба мостам при землетрясении (детальная классификация, связанная с сейсмостойкими свойствами)

Рубрики	Классификация	Весовой множитель
Балочные конструкции	Балочные конструкции арочного типа, а также рамные конструкции с жестким соединением верхнего и нижнего строений моста, безопасность которых верифицирована на опыте прошлых землетрясений	1,0
	Мосты с неразрезными пролетными строениями, балки в которых взаимно соединены, что позволяет рассчитывать на эффект предотвращения падения балок при землетрясении	2,0
	Конструкции из отдельных однопролетных свободно опертых балок	3,0
Мостовые опоры	Мостовые опоры, оборудованные конструкциями, предотвращающими обрушение моста за счет взаимного соединения балок, а также балок и устоев/пилонов	0,6
	Мостовые опоры обычного типа (край «А» жестко фиксированный / край «В» подвижный)	1,0
	Конструкции, в которых на одном устое установлено две подвижные опоры	1,15
Подферменные площадки опор	Подферменные площадки, у которых длина опирающейся на них части балок больше, чем $(0,7 + 0,005 \times \text{длина пролета})$ (м)	0,8
	Подферменные площадки, у которых длина опирающейся на них части балок меньше, чем $(0,7 + 0,005 \times \text{длина пролета})$ (м)	1,2

В случае балочных конструкций объектом оценки является сам тип моста, и имеется в виду, что при проектировании новых мостов для снижения величины весового множителя необходимо обращать внимание на обеспечение антисейсмических свойств. Говоря конкретно, опасность обрушения моста при землетрясении уменьшается в случае применения мостовых конструкций рамного типа, в которых благодаря жесткому соединению верхнего и нижнего строений моста смещение вдоль оси моста ограничивается, а также применения (в многопролетных мостах) неразрезных пролетных строений с взаимно соединенными балками.

Что касается мостовых опор, то выяснилось, что все мосты, степень ущерба которым при землетрясении оценена как «А», не оборудованы конструкциями, предотвращающими обрушение моста. И, напротив, в случае мостов, оборудованных такими конструкциями, ущерб при всех сценарных землетрясениях оценен как «С» («вероятность обрушения при землетрясении мала»). Оснащение упомянутыми конструкциями – чрезвычайно результативная мера обеспечения сейсмостойкости мостов.

В числе 18 мостов, степень ущерба которым оценена как «А», оказалось только 1 мост с достаточно широкими подферменными площадками опор (см. рис. 6.3.3). Ширина подферменной площадки опоры – это длина той части главной балки, которая опирается на устой (или пилон) моста, плюс ширина температурного зазора. Если ширина подферменной площадки опоры предусмотрена достаточной, то даже при увеличении при землетрясении

смещения балки по оси моста крайне уменьшается вероятность достижения смещением величины, при которой произойдет обрушение моста.

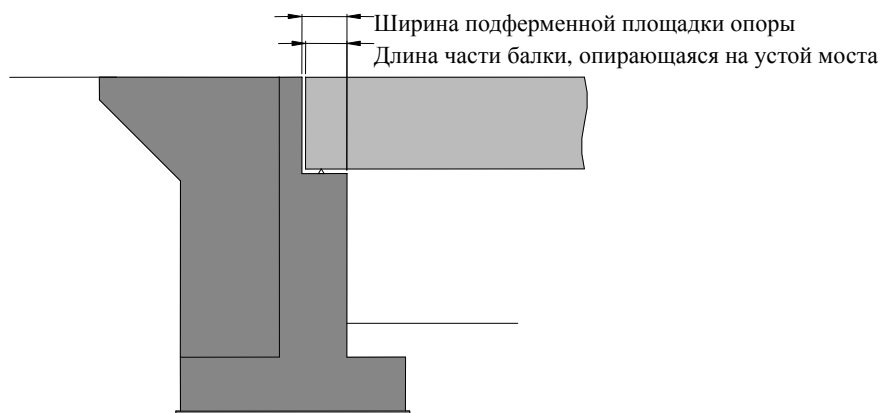


Рис. 6.3.3 Схематический чертеж, иллюстрирующий ширину подферменной площадки мостовой опоры (длину части балки, опирающейся на устой моста).

(2) Анализ факторов, связанных с качеством всего моста в целом

В табл. 6.3.9 приведены определения величин *весового множителя*, обусловленных качеством моста в целом. Снижение качества моста оказывает большое негативное влияние на его устойчивость при землетрясении, не позволяя реализовать антисейсмические свойства, заложенные при планировании и проектировании моста.

Табл. 6.3.9 Критерии оценки степени ущерба мостам при землетрясении (детальная классификация, связанная с качеством)

Рубрики	Классификация	Весовой множитель
Качество моста	Находящиеся в хорошем состоянии мосты, возрастной износ которых остается небольшим	1,0
	Мосты, на которых наблюдаются старение и износ (выцветы и растрескивания на поверхности бетона)	2,0
	Мосты, у которых наблюдаются коррозия арматуры и стальных элементов, и у которых на поверхности бетона имеются структурные трещины, и т.д.	3,0

Строительство 10 из 48 обследованных мостов было завершено в 1960-ых гг., 12 – в 1970-ых, 8 – в 1980-ых, и одного – в 2000-ых годах. Даты завершения строительства 17 мостов неизвестны. При этом из числа мостов, степень ущерба которым при землетрясении оценена как «А» (всего 18 моста), в 1960-ые гг. были сооружены 7, в 1970-ые – 5, в 1980-ые – 2 моста; сроки сооружения еще 4 мостов с оценкой «А» неизвестны. Таким образом, у большей части мостов постройки 1960~1970-ых гг. ущерб при землетрясении был оценен как «А» (см. табл. 6.3.10).

Табл. 6.3.10 Разбивка мостов по годам постройки

Сроки завершения строительства	1960-ые гг.	1970-ые гг.	1980-ые гг.	1990-ые гг.	2000-ые гг.	Нет данных
Чисто обследованных мостов	10	12	8	0	1	17
(в т.ч. мосты с оценкой «А»)	(8)	(7)	(2)	(---)	(---)	(5)

В табл. 6.3.11 по каждой возрастной группе мостов указаны средние величины весового множителя, характеризующего качество обследованных мостов.

Табл. 6.3.11 Средние величины весового множителя, характеризующего качество обследованных мостов, для мостов, построенных в различных десятилетиях

Срок завершения строительства	1960-ые гг.	1970-ые гг.	1980-ые гг.	1990-ые гг.	2000-ые гг.	Нет данных
Чисто обследованных мостов (в т.ч. мосты с оценкой «А»)	2,80	2,75	2,50	---	2,00	2,17

Сравнительно старые мосты, построенные в 1960-1970-ых гг., отличаются значительным возрастным износом, и поэтому наблюдается тенденция к повышению относящихся к ним величин весового множителя, соответственно детальной классификации критериев оценки степени ущерба при землетрясении (см. табл. 6.3.9). Это один из факторов оценки таких мостов при аттестации на степень ущерба в качестве «опасных».

6.3.3 Идентификация текущего состояния мостов посредством подробного обследования

(1) Ключевые вопросы подробного обследования

Следует полагать, что необходимы какие-то превентивные меры для обеспечения / повышения сейсмостойких свойств 18 мостов, получивших оценку «опасных» на основании высокой вероятности обрушения при землетрясении. В частности, при анализе факторов, связанных с антисейсмическими характеристиками, указывалось на опоры мостов и подферменные площадки мостовых опор; меры по сейсмостойкому усилению этих опор и площадок вполне возможны и после сооружения мостов, причем выполнение соответствующих инженерно-строительных работ сложности не представляет. Подробное обследование с целью получения информации, необходимой при планировании мероприятий по усилению сейсмостойкости, будет осуществлено с акцентом на вопросы, указанные в табл. 6.3.12, исходя из предполагаемых конкретных инженерно-строительных работ.

Табл. 6.3.12 Ключевые вопросы, на которые должно быть обращено внимание при проведении подробного обследования

Рубрики	Предполагаемые инженерно-строительные работы	Ключевые вопросы
Балочная конструкция	Создание неразрезного пролетного строения за счет взаимного соединения балок. Перестройка верхнего строения моста. Сооружение нового моста	Длина моста Длина пролетов Ширина
Мостовые опоры	Работы по соединению балок Оснащение конструкций, предотвращающих обрушение моста	Форма и размеры подферменных площадок и концов балок
Подферменные площадки мостовых опор (ширина)	Наращивание ширины подферменных площадок	Ширина подферменных площадок Длина части балки, опирающейся на подферменник Длина пролетов
Качество	Ремонт / усиление всей конструкции моста Сооружение нового моста	Степень износа

В табл.6.3.12 в числе мер по усилению сейсмостойкости балочных конструкций названо создание неразрезного пролетного строения за счет взаимного соединения балок. Здесь следует заметить, что модификация конструкции, сопровождаемая переходом от однопролетных к неразрезным балкам, будет сопряжена со значительным изменением распределения действия изгибающих моментов, что потребует тщательного исследования жесткости главных балок. Получение информации, нужной для работ по обследованию мостов, проблематично в связи с давностью строительства целевых мостов и положением с хранением проектной документации. Поэтому упомянутую модификацию конструкции вряд ли можно считать реалистичной. Объектом ремонта/усиления должен стать мост в целом, т.к. посредством частичного ремонта поставленную цель (усиление антисейсмических свойств) достигнуть не удастся. Поэтому в ходе нынешнего исследования главное внимание будет уделено мостовым опорам и подферменным площадкам, а целью станет подробное обследование подферменных узлов, в которых верхнее строение моста соединяется с нижним, а также исследование вопроса о длине частей балок, опирающихся на подферменники. Исследование будет выполняться, исходя из предполагаемых инженерно-строительных работ по усилению сейсмостойкости.

(2) Формат исследования

Ситуация на существующих мостах будет идентифицирована в соответствии с форматом, указанном в табл. 6.3.13. При этом мы будем отталкиваться от ключевых вопросов исследования и обращать основное внимание на узлы подферменников.

Табл. 6.3.13 Формат подробного обследования существующих мостов (проектное предложение)

Лист подробного обследования моста								
							Дата обследования:	2008/хх/хх
(1)	Общие сведения							
	Название моста:	ул. Бекмаханова - ж/д						
	Местонахождение:	43.34244722 N	76.97776111 E	Именной код:	ВЕК-1	Год постройки:	1961	
(2)	Верхнее строение							
	Длина моста (м):	79.000						
	Число пролетов:	5						
	Длина пролетов(м):	A1-P1	P1-P2	P2-P3	P3-P4	P4-A2	---	
		11.360	22.160	11.360	22.160	11.360		
	Ширина моста(м):	18.000						
	Материал:	Железобетон	Сталь					
(3)	Нижнее строение							
	Ширина подферменных площадок (м):	A1-P1	P1-P2	P2-P3	P3-P4	P4-A2	---	
		/	/	/	/	/	/	
	Материал:	Железобетон	Бетон	Кирпич				
(4)	Фото конца балки							

(3) Ситуация на существующих мостах по результатам подробного обследования Будет проведено подробное обследование в соответствии с форматом, указанным в табл. 6.3.13. Ставится целью детально выяснить ситуацию с узлами подферменников, соединяющими верхние и нижние строения мостов, а также с длиной частей балок, опирающихся на подферменные площадки опор.

6.3.4 Превентивные меры по усилению сейсмостойкости

(1) Предложения в отношении инженерно-строительных мер по усилению сейсмостойкости

При крупномасштабном землетрясении существует опасность смещения главных балок по оси моста на расстояние, превышающее предполагавшееся, что вызовет падение балок с подферменных узлов и обрушение моста. В этой связи предлагается предпринять следующие превентивные меры: выполнить работы по соединению соседних главных балок; оборудовать конструкции для предотвращения обрушения моста, соединив главные балки с нижним строением; нарастить подферменные площадки, обеспечив за счет этого резервную площадь опоры балок на мостовые устои/пилоны (см. рис. 6.3.4).

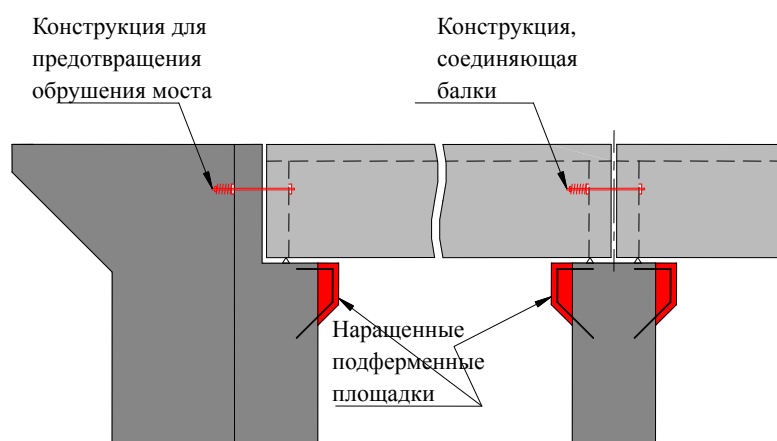


Рис. 6.3.4 Схематический чертеж конструкции, соединяющей балки, конструкции для предотвращения обрушения моста, а также наращенных подферменных площадок

Создание конструкций, соединяющих балки, а также конструкций для предотвращения обрушения моста сопряжено с крупномасштабными работами – продельванием отверстий в нынешних сборных железобетонных балках, бурением скрытых поверхностей мостовых устоев, и т.д. Производство подобных работ потребует ограничить движение по мостам. С другой стороны, наращивание подферменных площадок предполагает наращивание железобетона на лицевых поверхностях мостовых устоев и пилонов, с ведением работ ниже уровня пролетного строения. Производство таких работ не окажет влияния на движение транспорта и не будет сопряжено с трудностями. Поэтому выбор мер по усилению сейсмостойкости делается следующим образом: приоритет отдается наращиванию подферменников мостовых опор, что не будет сопряжено с трудностями, а при недостаточной сейсмостойкости (оценка ущерба как «А» или «В») будет выполняться соединению балок и создание конструкций, предотвращающих обрушение (см. рис. 6.3.5).

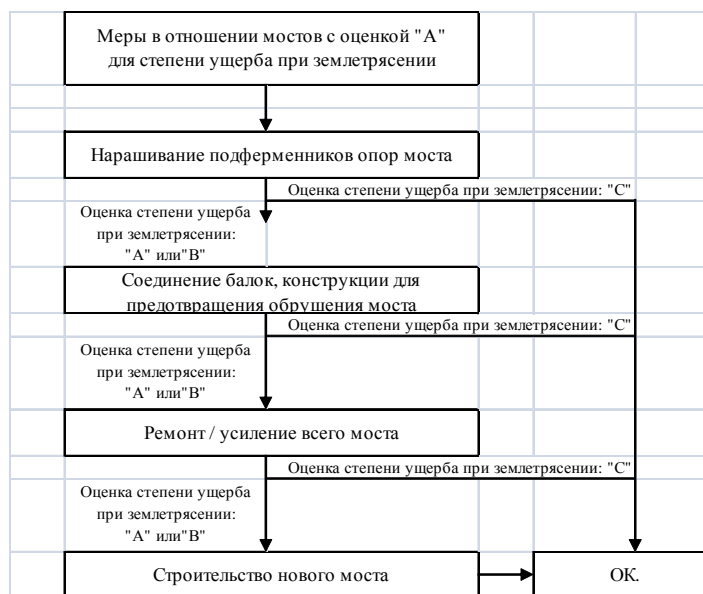


Рис. 6.3.5 Последовательность выбора мер по усилению сейсмостойкости мостов

(2) Повторная оценка степени ущерба мостам при землетрясении (в случае реализации мер по усилению сейсмостойкости)

В табл. 6.3.14 указаны результаты повторной оценки ущерба при землетрясении 18 мостам, первоначальная оценка по которым была «А» (повторная оценка в случае реализации мер по усилению сейсмостойкости). После наращивания подферменников мостовых опор, соединения балок, а также оснащения конструкций для предотвращения обрушения мостов (см. цифры таблицы, выделенные красным цветом) оценка ущерба по 13 мостам из 18 улучшится до «С» («вероятность обрушения при землетрясении мала»). Далее, в случае улучшения качества мостов согласно указанному в табл. 6.3.15 до уровня «2» за счет ремонта и усиления всей конструкции мостов (см. цифры таблицы, выделенные синим цветом), степень ущерба может быть оценена как «С» еще по 4 мостам. Что же касается моста ВЕК-1 (ул. Бекмаханова – железная дорога), то по нему оценка степени ущерба («В») не изменится. Следует изучить вопрос о строительстве вместо этого моста нового.

Табл. 6.3.14 Повторная оценка степени ущерба в случае реализации мер по усилению сейсмостойкости (наращивание подферменных площадок мостовых опор; соединение балок; оснащение конструкций для предотвращения обрушения мостов)

No.	Код	Коды										Кoeff. риска (по методу Катама)										1887, Верный		1889, Чилик		1911, Камин											
		Распределение пролетов		Тип балок	Тип опор	Мат. ширина подферменных проп.		Мат. высота нижнего строения	Тип фундамента	Материал устова	Тип грунта	Чувствительность к разражению грунта	Текущее состояние	1	2	3	4	5	1.00	1.00	0.60	0.80	1.00	1.00	1.40	0.50	1.00	1.00	Исполнительность зампетравления	Итого	Оценка	Исполнительность зампетравления	Итого	Оценка	Исполнительность зампетравления	Итого	Оценка
		Мат. ширина	Мат. высота			1.00	1.00																														
2	BEK-1	2	3	1	1	2	2	2	2	2	1	3	1.75	3.00	0.60	0.80	1.35	1.40	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	4	3.00	42.87	A	2	1.70	24.29	---	3	2.40	34.29	A
5	RYS-1a	2	3	1	1	1	2	2	2	2	1	3	1.75	3.00	0.60	0.80	1.00	1.40	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	3	2.40	25.40	---	1	1.00	10.58	---	2	1.70	17.99	---
8	RYS-2a	2	3	1	1	1	2	2	2	2	1	2	1.75	3.00	0.60	0.80	1.00	1.40	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00	3	2.40	16.93	---	1	1.00	7.06	---	2	1.70	12.00	---
13	RAI-1	2	3	1	1	1	1	2	2	2	1	3	1.75	3.00	0.60	0.80	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	3	2.40	18.14	---	1	1.00	7.56	---	2	1.70	12.85	---
16	RAI-2c	2	2	1	1	2	1	2	2	2	1	3	1.75	2.00	0.60	0.80	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	4	3.00	20.41	---	1	1.00	6.80	---	2	1.70	11.57	---
18	ZHA-1	2	3	1	1	2	1	2	2	2	1	3	1.75	3.00	0.60	0.80	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	4	3.00	30.62	A	2	1.70	17.35	---	3	2.40	24.49	---
21	SEV-0	2	3	1	1	1	2	2	2	2	1	3	1.75	3.00	0.60	0.80	1.00	1.40	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	4	3.00	31.75	A	2	1.70	17.99	---	3	2.40	25.40	---
22	SEV-1	2	3	1	1	2	1	2	2	2	1	3	1.75	3.00	0.60	0.80	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	3	2.40	24.49	---	2	1.70	17.35	---	3	2.40	24.49	---
23	SEV-2	1	3	2	1	1	1	2	2	2	1	3	1.00	3.00	1.00	0.80	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	4	3.00	21.60	---	2	1.70	12.24	---	3	2.40	17.28	---
27	ESE-3	1	3	2	1	1	1	2	2	2	1	3	1.00	3.00	1.00	0.80	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	4	3.00	21.60	---	1	1.00	7.20	---	2	1.70	12.24	---
29	ESE-5	2	3	1	1	1	1	2	2	2	1	3	1.75	3.00	0.60	0.80	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	4	3.00	22.68	---	1	1.00	7.56	---	3	2.40	18.14	---
36	BOL-1	2	3	1	1	1	1	2	2	2	1	3	1.75	3.00	0.60	0.80	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	5	3.50	26.46	B	1	1.00	7.56	---	2	1.70	12.85	---
37	BOL-2	2	3	1	1	1	1	2	2	2	1	3	1.75	3.00	0.60	0.80	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	4	3.00	22.68	---	1	1.00	7.56	---	2	1.70	12.85	---
39	BOL-4	1	3	2	1	1	1	2	2	2	1	3	1.00	3.00	1.00	0.80	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	4	3.00	21.60	---	1	1.00	7.20	---	2	1.70	12.24	---
42	MAL-1	1	3	1	1	1	1	1	2	2	1	3	1.00	3.00	0.60	0.80	1.00	1.00	1.40	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	4	3.00	18.14	---	2	1.70	10.28	---	2	1.70	10.28	---
43	MAL-2	1	3	2	1	1	1	2	2	2	1	3	1.00	3.00	1.00	0.80	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	4	3.00	21.60	---	1	1.00	7.20	---	2	1.70	12.24	---
45	MAL-4	1	3	2	1	1	1	2	2	2	1	3	1.00	3.00	1.00	0.80	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	4	3.00	21.60	---	1	1.00	7.20	---	2	1.70	12.24	---
48	MAL-7	2	3	1	1	1	1	1	2	2	1	3	1.75	3.00	0.60	0.80	1.00	1.00	1.40	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	5	3.50	37.04	A	2	1.70	17.99	---	3	2.40	25.40	---

Табл. 6.3.15 Повторная оценка степени ущерба в случае реализации мер по усилению сейсмостойкости (ремонт/усиление мостовых конструкций в целом)

No.	Код	Коды										Кoeff. риска (по методу Катама)										1887, Верный		1889, Чилик		1911, Камин											
		Распределение пролетов		Тип балок	Тип опор	Мат. ширина подферменных проп.		Мат. высота нижнего строения	Тип фундамента	Материал устова	Тип грунта	Чувствительность к разражению грунта	Текущее состояние	1	2	3	4	5	1.00	1.00	0.60	0.80	1.00	1.00	1.40	0.50	1.00	1.00 <th rowspan="2">Исполнительность зампетравления</th> <th rowspan="2">Итого</th> <th rowspan="2">Оценка</th> <th rowspan="2">Исполнительность зампетравления</th> <th rowspan="2">Итого</th> <th rowspan="2">Оценка</th> <th rowspan="2">Исполнительность зампетравления</th> <th rowspan="2">Итого</th> <th rowspan="2">Оценка</th>	Исполнительность зампетравления	Итого	Оценка	Исполнительность зампетравления	Итого	Оценка	Исполнительность зампетравления	Итого	Оценка
		Мат. ширина	Мат. высота			1.00	1.00																														
2	BEK-1	2	3	1	1	2	2	2	2	2	2	2	1.75	3.00	0.60	0.80	1.35	1.40	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00	4	3.00	28.58	B	2	1.70	16.19	---	3	2.40	22.86	---
5	RYS-1a	2	3	1	1	1	2	2	2	2	1	3	1.75	3.00	0.60	0.80	1.00	1.40	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	3	2.40	25.40	---	1	1.00	10.58	---	2	1.70	17.99	---
8	RYS-2a	2	3	1	1	1	2	2	2	2	1	2	1.75	3.00	0.60	0.80	1.00	1.40	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00	3	2.40	16.93	---	1	1.00	7.06	---	2	1.70	12.00	---
13	RAI-1	2	3	1	1	1	1	2	2	2	1	3	1.75	3.00	0.60	0.80	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	3	2.40	18.14	---	1	1.00	7.56	---	2	1.70	12.85	---
16	RAI-2c	2	2	1	1	2	1	2	2	2	1	3	1.75	2.00	0.60	0.80	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	4	3.00	20.41	---	1	1.00	6.80	---	2	1.70	11.57	---
18	ZHA-1	2	3	1	1	2	1	2	2	2	1	2	1.75	3.00	0.60	0.80	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00	4	3.00	20.41	---	2	1.70	11.57	---	3	2.40	16.33	---
21	SEV-0	2	3	1	1	1	2	2	2	2	1	2	1.75	3.00	0.60	0.80	1.00	1.40	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00	4	3.00	21.17	---	2	1.70	12.00	---	3	2.40	16.93	---
22	SEV-1	2	3	1	1	2	1	2	2	2	1	3	1.75	3.00	0.60	0.80	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	3	2.40	24.49	---	2	1.70	17.35	---	3	2.40	24.49	---
23	SEV-2	1	3	2	1	1	1	2	2	2	1	3	1.00	3.00	1.00	0.80	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	4	3.00	21.60	---	2	1.70	12.24	---	3	2.40	17.28	---
27	ESE-3	1	3	2	1	1	1	2	2	2	1	3	1.00	3.00	1.00	0.80	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	4	3.00	21.60	---	1	1.00	7.20	---	2	1.70	12.24	---
29	ESE-5	2	3	1	1	1	1	2	2	2	1	3	1.75	3.00	0.60	0.80	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	4	3.00	22.68	---	1	1.00	7.56	---	3	2.40	18.14	---
36	BOL-1	2	3	1	1	1	1	2	2	2	1	2	1.75	3.00	0.60	0.80	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00	5	3.50	17.64	---	1	1.00	5.04	---	2	1.70	8.57	---
37	BOL-2	2	3	1	1	1	1	2	2	2	1	3	1.75	3.00	0.60	0.80	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	4	3.00	22.68	---	1	1.00	7.56	---	2	1.70	12.85	---
39	BOL-4	1	3	2	1	1	1	2	2	2	1	3	1.00	3.00	1.00	0.80	1.00	1.00</																			

6.3.5 Выводы и предложения

(1) Выводы в отношении оценки сейсмостойкости

Выше были указаны критерии для вынесения заключений об ущербе при землетрясении и приведен анализ содержания оценки степени ущерба мостам при землетрясении. Было выдвинуто предложения о проведении по результатам оценки подробного обследования, а также были рекомендованы необходимые инженерно-строительные мероприятия. Исходя из вышеизложенного, ниже резюмированы заключения по оценке сейсмостойкости существующих мостов г. Алматы.

- Выполненная в ходе Изучения оценка степени ущерба при землетрясении производилась по методике Катаяма и не имела целью разработку плана конкретных мер по усилению сейсмостойкости каждого отдельного моста. Ясно, однако, что оценка степени ущерба является высокой, и поэтому делается предложение об инженерно-строительных мерах общего характера, которые бы опирались на подробное обследование, в фокусе внимания которого находились бы подферменники мостовых опор.
- В частности, факторами вынесения оценки о высокой опасности мостов явились их балочные конструкции, опоры, а также ширина подферменных площадок. В этой связи в качестве стандарта сейсмостойкого проектирования следует рекомендовать мосты жесткой рамной конструкции, у которых верхнее строение жестко соединено с нижним, а также мосты с неразрезным пролетным строением, в котором балки взаимно соединены. Кроме того, рекомендуется придать статус технического стандарта конструкциям, предотвращающим обрушение мостов, а также конструкциям, ограничивающим смещение.
- Еще одним фактором, оказывающим давление на оценку степени ущерба в сторону повышенной опасности, является качество мостов. Средний год постройки 18 мостов, степень ущерба которым оценена как «А» – 1968-ой. Хотя возрастной износ подобных мостов неизбежен, в интересах непрерывного поддержания сейсмостойких свойств мостов, заложенных при проектировании, совершенно необходимо заниматься их повседневным содержанием, техобслуживанием и ремонтом. В интересах будущих ремонтов и работ по усилению следует также соблюдать должную аккуратность и внимательность в хранении проектной документации и исполнительных чертежей.
- 18 моста, ущерб которым при землетрясении оценен как «А» – это примерно половина из 48 целевых мостов Изучения. За счет выполнения надлежащих мер по усилению сейсмостойкости для 17 мостов названная оценка, однако, улучшится до «С». Поэтому желательно оперативно реализовать соответствующие превентивные меры. Что же касается моста ВЕК-1 (сооружен в 1961 г.), находящегося в эксплуатации почти столетия, то уместно построить вместо него новый мост.
- По 5 мостам, расположенных в северной части Алматы (SEV-1, SEV-2, ЗНА-1, ЗНА-2, ВЕК-1), степень ущерба оценивается как «А» даже при самом слабом сценарном землетрясении (Чиликское 1889 г.). В случае обрушения и др. повреждений этих мостов станет невозможен проезд транспорт по 2 из 3 магистралей, идущих из центральной части Алматы на север (по ул. Северное Кольцо и по ул. Бурундайская), серьезно затруднится доступ в аэропорт и т.д. Перечисленные 4 мостов должны явиться приоритетным объектом мер по усилению сейсмостойкости.

(2) Предложения в отношении будущих проектов мостов

Ниже резюмированы предложения в отношении будущих проектов мостов, а также конкретные способы осуществления мер по усилению сейсмостойкости, которые следует иметь в виду при разработке планов организации предупреждения и ликвидации бедствий.

1) Ранжирование целевых мостов по приоритетности

- Выше указывалось, что даже после выполнения мер по усилению сейсмостойкости оценка вероятного ущерба мосту **ВЕК-1** останется низкой («В»). Данный мост расположен в месте пересечения железнодорожных путей, и в случае его обрушения не избежать большого ущерба железнодорожным перевозкам. Кроме того, существует опасность возникновения вторичных бедствий. Мост построен почти полвека назад, и желательно как можно быстрее построить вместо него новый мост.
- Для повышения сейсмостойкости магистральной улично-дорожной сети, соединяющей центр Алматы с аэропортом, расположенным к северу от города, на мостах **SEV-0**, **SEV-1** и **ЗНА-1** предлагается нарастить подферменные площадки опор и выполнить инженерно-строительные работы по предотвращению обрушения мостов, а также выполнить ремонт и усиление всей конструкции мостов. Вместе с тем, мосты **SEV-0** и **SEV-1** построены в 1961 г., и степень их возрастного износа крайне большая. С точки зрения повышения сейсмостойкости желательным было бы строительство вместо этих мостов новых. Поэтому следует предпринять сопоставительный анализ варианта ремонта и усиления всей конструкции этих мостов и варианта замены их новыми мостами, и, исходя из оценки достоинств того и другого варианта, выбрать оптимальный.
- Относительно мостов **RYS-1a**, **RYS-2a**, **RAI-1** и **RAI-2c**, соединяющих восточную и западную части города, моста **ESE-5**, расположенного в центральной части города, а также моста **BOL-1**, являющегося частью магистральной дороги в южной части города: на этих 6 мостах предлагается нарастить подферменные площадки опор и выполнить инженерно-строительные работы по предотвращению обрушения мостов.
- Относительно мостов **SEV-2**, **ESE-3**, **BOL-4**, **MAL-1**, **MAL-2** и **MAL-4**: это мосты простой конструкции, поэтому их сейсмостойкость, по нашему мнению, можно в достаточной степени повысить только лишь за счет наращивания подферменных площадок мостовых опор. На некоторых из этих мостов в районе подферменников и под балками лежит мусор, незаконно сваленный грунт. Желательно удалять подобные посторонние предметы в ходе регулярных работ по содержанию и техобслуживанию моста.
- Наконец, относительно мостов **BOL-2** и **MAL-7**, расположенных в южной части Алматы: на этих мостах объем дорожного движения невелик, существуют варианты объезда. Поэтому делается заключение, что на этих мостах необходимость в осуществлении особых мероприятий отсутствует.

2) Конкретные меры усиления сейсмостойкости

- При планировании конкретных мер усиления сейсмостойкости следует выполнить подробное обследование ситуации с соответствующими мостами, и с помощью сопоставительного анализа выбрать оптимальный вариант усиления сейсмостойкости.
- В целом можно выделить 3 вида мер по усилению сейсмостойкости: постройка нового моста вместо имеющегося; ремонт и усиление всей конструкции моста;

индивидуальные меры, имеющие своим объектом подферменные узлы мостов.

- При ремонте и усилении всей конструкции моста потребуются крупномасштабные строительные работы, которые, в принципе, будут иметь не меньший объем, чем сооружение нового моста (будут включать наращивание мостовых фундаментов, повышение жесткости мостовых устоев/пилонов, увеличение толщины несущих балок, укрепление плиты мостового настила, и т.д.).
 - В качестве индивидуальных технических мер, рекомендуемых по итогам подробного обследования, в основном касавшегося подферменных узлов, предлагается нарастить площадь подферменных площадок мостовых опор, а также смонтировать конструктивные элементы, которые будут соединять несущие балки друг с другом (или несущие балки с нижним строением моста) и препятствовать обрушению моста. Хотя эти меры сравнительно легки в реализации, для их конкретного планирования и проектирования потребуются примеры строительных конструкций, а также задание требующейся ширины подферменных площадок, эксплуатационной нагрузки, точек приложения нагрузки.
- 3) Реализация мер по усилению сейсмостойкости и упорядочение стандартов проектирования

- Для осуществления в Республике Казахстан проектирования новых мостов и проектирования ремонта/усиления существующих мостов экстренно необходимо упорядочить стандарты сейсмостойкого проектирования, касающиеся, в частности, задания условий по горизонтальному усилию при сейсмических толчках и по ширине подферменных площадок. В этом смысле очень полезным справочным материалом являются «Specifications for highway bridges» («Спецификации для автодорожных мостов») и др. нормативные акты, действующие в Японии – стране, в которой, как и в Казахстане, часты землетрясения.

Поэтому на следующем этапе предлагается, исходя из вышеуказанной очередности приоритетов, выполнить с учетом японских стандартов сейсмостойкого проектирования конкретное планирование/проектирование мер по усилению сейсмостойкости. Одновременно с этим предлагается, исходя из прошлых землетрясений и ситуации с ущербом в Казахстане, разработать собственные стандарты сейсмостойкого проектирования.

Справочная литература

- 1) Кубо, Катаяма (1978) «Отчет о предположительном ущербе от землетрясения на территории специальных районов Токио» (на яп. яз.)

6.4 Оценка сейсмостойкости объектов коммуникаций жизнеобеспечения

Была выполнена предположительная оценка ущерба от землетрясения 4 видам инженерных коммуникаций: водопроводу, канализации, газоснабжению, электроснабжению. В целом объекты инженерных коммуникаций подразделяются на узловые и сетевые. Узловые объекты – это электростанции, трансформаторные станции, водоочистительные станции, т.е. отдельные автономные объекты. Сетевые объекты – это объекты снабжения и распределения, например, трубопроводы и линии электропередачи. В рамках Изучения была выполнена предположительная оценка ущерба сетевым объектам инженерных коммуникаций. Были применены статистические методы, опирающиеся на прошлые прецеденты. Что же касается предположительной оценки ущерба узловым объектам, то здесь подобные методы не применимы, необходимо подробное индивидуальное обследование каждого объекта. Поэтому оценка возможного ущерба узловым объектам с применением статистического метода не производилась, а была предпринята качественная оценка, изложенная в п. 6.4.5 и ниже.

6.4.1 Предположительный ущерб водопроводу

Оценка предположительного ущерба объектам водопровода была выполнена в отношении всех 2365 км протяженности водопровода в 6 районах Алматы. Вся водопроводная сеть в Алматы уложена в грунте.

(1) Методика предположительной оценки ущерба

В Республике Казахстан существуют разработанные директивные инструкции по оценке предположительного ущерба от землетрясений. В этих инструкциях указана связь между силой землетрясения и степенью ущерба зданиям, инженерным коммуникациям, мостам и др. различным сооружениям. Согласно этим инструкциям, уложенные в грунте трубопроводы более стойки к воздействию землетрясений, чем другие сооружения, и даже при землетрясении силой 9 баллов значительного ущерба коммуникациям не возникнет.

С другой стороны, в Японии и США на основе анализа прошлого ущерба от землетрясений разработаны функции, описывающие ущерб, предназначенные для количественного прогнозирования коэффициента повреждений на 1 км протяженности трубопроводов (префектура Токио (1997), Японская водопроводная ассоциация (JWWA) (1998), JWWA (2000), Federal Emergency Management Agency (1999)). Компонентами таких функций ущерба являются стандартный коэффициент повреждений и поправочные коэффициенты (на вид трубопровода, на диаметр трубопровода, и т.д.). В ходе Изучения ущерб был рассчитан с принятием во внимание нескольких функций ущерба, выдвинутых в последние годы. Был рассчитан максимальный ущерб (комбинация стандартного коэффициента повреждений и поправочных коэффициентов, дающая наибольшую долю повреждений) и средний ущерб (комбинация компонентов, дающая ущерб промежуточного масштаба).

На рис. 6.4.1 приведены предложенные в последние годы стандартные коэффициенты повреждений. При расчете максимальных повреждений мы использовали стандартный коэффициент HAZUS, рассчитанный на основании опыта ущерба от землетрясений в США и Мексике. При расчете средних повреждений был использован стандартный коэффициент для префектуры Токио (1997 г.), рассчитанный исходя из реального ущерба от землетрясения в южной части префектуры Хёго.

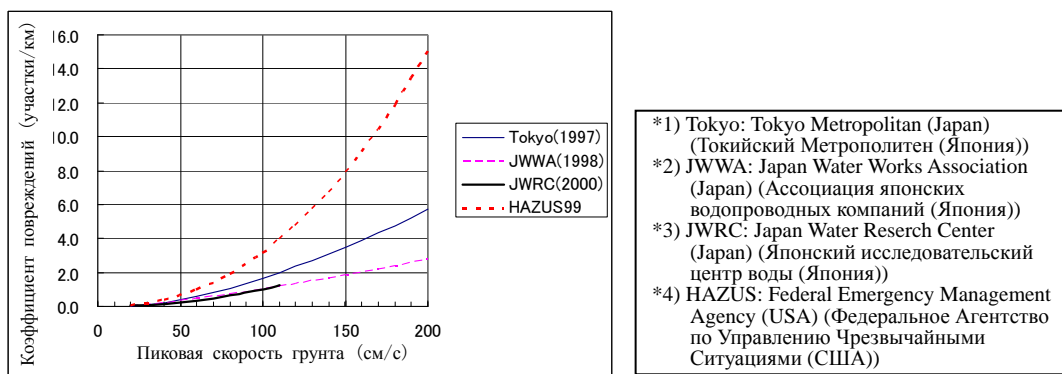


Рис. 6.4.1 Стандартные коэффициенты повреждений водопровода

Была использована следующая функция ущерба:

$$R_m = R \cdot C_p \cdot C_d \cdot C_l$$

(Максимальный ущерб) $R = 1 \cdot 10^{-4} \cdot V^{2.25}$

(Средний ущерб) $R = 2.24 \cdot 10^{-3} \cdot (V-20)^{1.51}$

где:

R_m : функция ущерба (мест повреждений / км)

R : стандартный коэффициент повреждений (мест повреждений / км)

C_p : поправочный коэффициент на вид трубопровода (см. табл. 6.4.1)

C_d : поправочный коэффициент на диаметр трубопровода (см. табл. 6.4.1)

C_l : поправочный коэффициент на разжижение грунта (разжижение грунта не прогнозируется, поэтому принимается $C_l=1,0$)

V : максимальное ускорение грунта (см/сек.)

Табл. 6.4.1 Поправочные коэффициенты на вид и диаметр труб водопровода

Вид трубопровода	Диаметр (мм)	Cp·Cd				Использованная величина	
		Поправочный коэффициент				Макс. ущерб	Средний ущерб
		Токио	JWVA	JWRC	HAZUS		
Стальной трубопровод (сварной)	≤75	0,84	0,48	0,48	0,3	0,84	0,48
	100-150	0,42	0,3	0,3	0,3	0,42	0,3
	200-250	0,42	0,24	0,27	0,3	0,42	0,29
	300-450	0,24	0,24	0,21	0,3	0,3	0,24
	500≤	0,24	0,15	0,15	0,3	0,3	0,2
Чугунный трубопровод	≤75	1,7	1,6	1,6	1	1,7	1,6
	100-150	1,2	1	1	1	1,2	1
	200-250	1,2	0,8	0,9	1	1,2	1
	300-450	0,4	0,8	0,9	1	1	0,9
	500-1000	0,4	0,5	0,5	1	1	0,5
1000≤	0,15	0,5	-	1	1	0,5	
Другие	Все					1	1

(2) Результаты предположительной оценки повреждений

Ущерб был рассчитан по каждому условному квадрату со стороной 500 м. Агрегированные итоги расчетов указаны в табл. 6.4.2. Распределение средних повреждений показано на рис. 6.4.2. При землетрясении по модели 1887 г. прогнозируется максимально 1200 мест повреждений. Высокий коэффициент повреждений можно предположить в Медеуском районе.

Табл. 6.4.2 Итоги предположительной оценки ущерба водопроводам

Район	Протяженность водопроводов (км)	Число мест повреждений водопроводов					
		Модель землетрясения 1887 г.		Модель землетрясения 1889 г.		Модель землетрясения 1911 г.	
		Макс.	Средн.	Макс.	Средн.	Макс.	Средн.
Алмалинский	343	107	45	5	0	34	6
Ауэзовский	427	119	49	6	0	39	6
Бостандыкский	274	203	92	4	0	37	10
Жетысуский	348	106	45	8	0	44	12
Медеуский	483	509	214	13	0	88	30
Турксибский	491	148	63	16	0	71	20
Итого	2 365	1 192	507	53	0	313	85

* Результаты расчетов округлены до единиц.

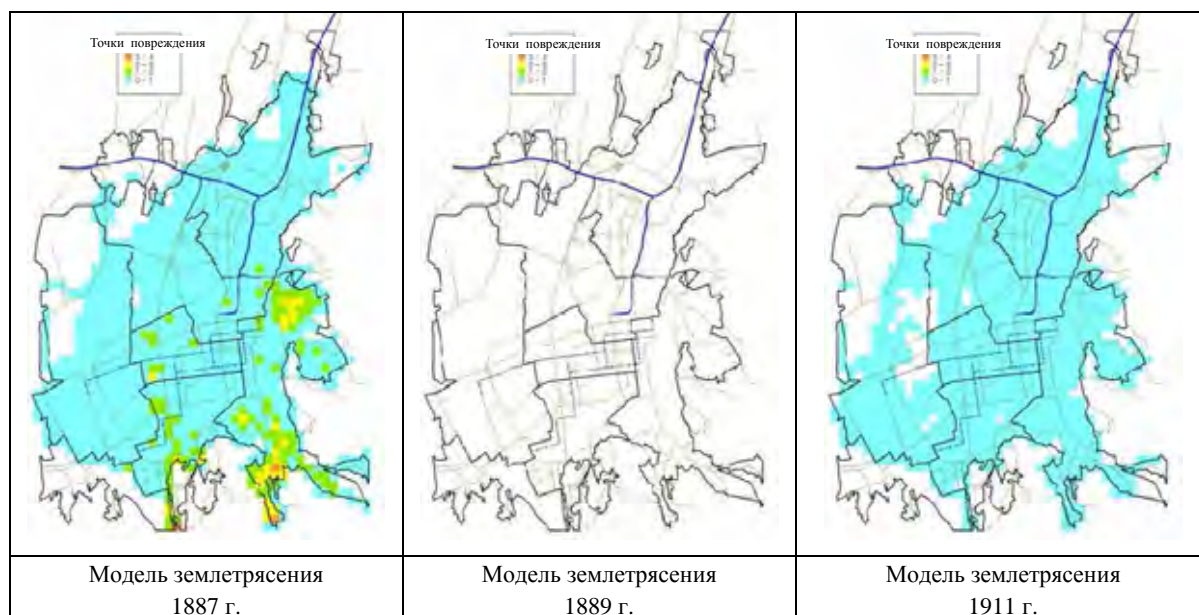


Рис. 6.4.2 Распределение среднего ущерба водопроводам

6.4.2 Канализация

Оценка предположительного ущерба объектам канализации была выполнена в отношении всех 1274 км протяженности трубопроводов канализации в 6 районах Алматы. Все трубопроводы канализации Алматы уложены в грунте.

(1) Методика предположительной оценки ущерба

Предположительная оценка ущерба канализации была выполнена по той же методике, что и в отношении водопровода – т.е. с применением функции ущерба. Для поправочных

коэффициентов на вид и диаметр трубопроводов были использованы величины, указанные в табл. 6.4.3.

Табл. 6.4.3 Поправочные коэффициента на вид и диаметр трубопроводов канализации

Вид трубопровода	Диаметр (мм)	Cp•Cd					
		Коэффициенты, рассчитанные по ущербу от прошлых землетрясений				Использованные величины	
		Токио	JWWA	Токио	JWWA	Макс. ущерб	Средний ущерб
Асбестоцем. трубы	100-150	2.7	1.2	2.5	1	2.7	1.85
	200-250	2.7	0.96	2.25	1	2.7	1.63
Ж/б трубы	ALL	-	1	-	1	1	1
Керамические трубы	ALL	-	1	-	1	1	1
Чугунные трубы	100-150	1.2	1	1	1	1.2	1
	200-250	1.2	0.8	0.9	1	1.2	1
Другие	ALL					1	1

* 1) Условно задано, что все трубопроводы являются железобетонными

* 2) Условно задано, что диаметр подводных трубопроводов составляет 200–250 мм

* 3) Условно задано, что диаметр канализационных труб в жилых домах составляет 100–150 мм

(2) Результаты предположительной оценки повреждений

Ущерб был рассчитан по каждому условному квадрату со стороной 500 м. Агрегированные итоги расчетов указаны в табл. 6.4.4. Распределение средних повреждений показано на рис. 6.4.3. При землетрясении по модели 1887 г. прогнозируется максимально 1400 мест повреждений. Высокий коэффициент повреждений прогнозируется в Медеуском и Бостандыкском районах.

Табл. 6.4.4 Итоги предположительной оценки ущерба трубопроводам канализации

Район	Протяженность водопроводов (км)	Число мест повреждений водопроводов					
		Модель землетрясения 1887 г.		Модель землетрясения 1889 г.		Модель землетрясения 1911 г.	
		Макс.	Средн.	Макс.	Средн.	Макс.	Средн.
Алмалинский	209	146	66	7	0	47	9
Ауэзовский	231	157	67	7	0	52	9
Бостандыкский	258	455	216	10	0	83	24
Жетысуский	173	111	52	9	0	46	13
Медеуский	177	391	180	10	0	69	26
Турксибский	227	147	68	16	0	70	22
Итого	1,274	1,408	649	59	0	366	103

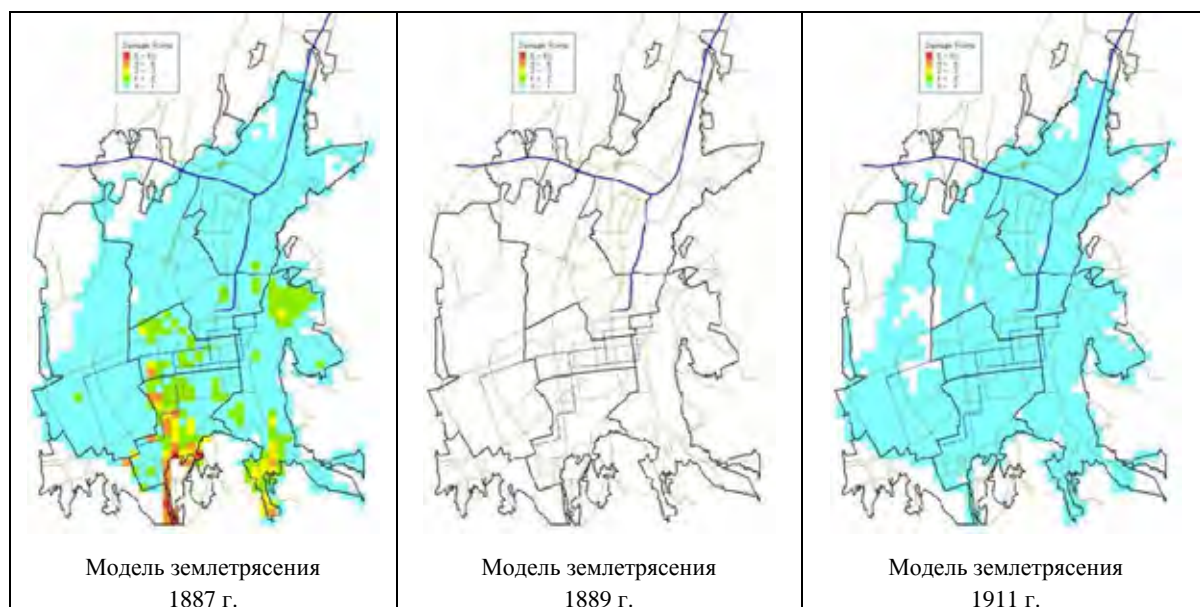


Рис. 6.4.3 Распределение среднего ущерба трубопроводам канализации

6.4.3 Газоснабжение

Оценка предположительного ущерба объектам газоснабжения была выполнена в отношении всех 2920 км протяженности газопроводов высокого ~ низкого давления в 6 районах Алматы. Вышеуказанный километраж включает 800 км подземных и 2120 км наземных газопроводов.

(1) Методика предположительной оценки ущерба

1) Подземные газопроводы

Как и в случае водопроводов, в отношении подземных газопроводов был рассчитан предположительный максимальный и средний ущерб, с учетом соответствующих функций ущерба (префектура Токио (1997), Federal Emergency Management Agency (1999)). Существующие стандартные коэффициенты повреждений приведены на рис. 6.4.4.

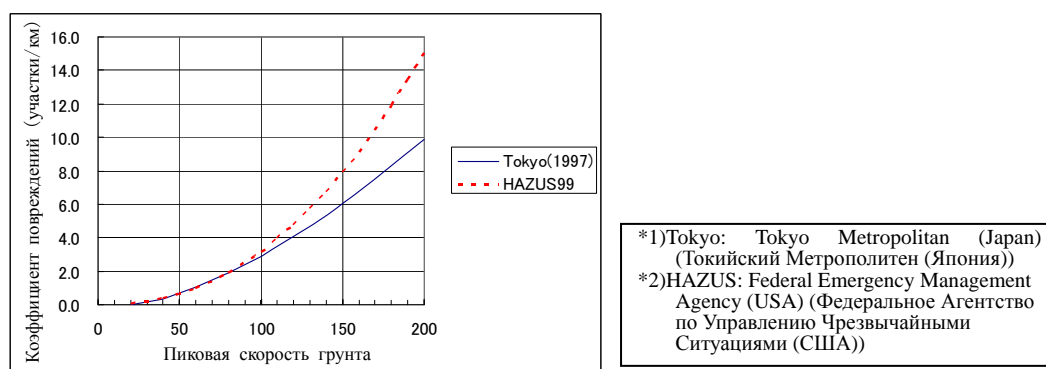


Рис. 6.4.4 Стандартные коэффициенты повреждений подземных газопроводов

Ниже указаны использованные функции ущерба.

$$R_m = R \cdot C_p \cdot C_d \cdot C_l$$

(Максимальный ущерб) $R = 1 \cdot 10^{-4} \cdot V^{2.25}$

(Средний ущерб) $R = 3.89 \cdot 10^{-3} \cdot (V-20)^{1.51}$

где:

R_m : функция ущерба (мест повреждений / км)

R : стандартный коэффициент повреждений (мест повреждений / км)

C_p : поправочный коэффициент на вид трубопровода (см. табл. 6.4.5)

C_d : поправочный коэффициент на диаметр трубопровода (см. табл. 6.4.5)

C_l : поправочный коэффициент на разжижение грунта (разжижение грунта не прогнозируется, поэтому принимается $C_l=1,0$)

V : максимальное ускорение грунта (см/сек.)

Табл. 6.4.5 Поправочные коэффициенты на вид и диаметр газопроводов (подземных)

Вид газопровода	Диаметр газопровода (мм)	Cp•Cd	
		Макс. ущерб	Средний ущерб
Стальной трубопровод	Все	1	0,3

2) Наземные газопроводы

Случай Алматы, где газопроводы проложены над землей, является крайне редким, и нам неизвестны сообщения о примерах повреждений наземных газопроводов при землетрясениях. Согласно действующим в Республике Казахстан директивным инструкциям, при землетрясении силой 8~9 баллов наземные газопроводы полностью будут разрушены (коэффициент повреждений ок. 75%). Однако, так как данных об ущербе от прошлых крупных землетрясений не имеется, верифицировать данное утверждение затруднительно.

Вместе с тем, так как газопроводы проведены через стены во внутренние части домов, то можно предположить, что при землетрясении они будут повреждены вместе с домами, с которыми образуют единое целое. В данном Изучении протяженность поврежденной части газопроводов была получена умножением протяженности газопроводов на коэффициент ущерба зданиям.

(2) Результаты предположительной оценки ущерба

Ущерб был рассчитан по каждому условному квадрату со стороной 500 м. Агрегированные итоги расчетов указаны в табл. 6.4.6 и 6.4.7. Распределение средних повреждений показано на рис. 6.4.5 и 6.4.6.

Табл. 6.4.6 Итоги предположительной оценки ущерба подземным газопроводам

Район	Протяженность газопроводов (км)	Число мест повреждений водопроводов					
		Модель землетрясения 1887 г.		Модель землетрясения 1889 г.		Модель землетрясения 1911 г.	
		Макс.	Макс.	Макс.	Макс.	Макс.	Макс.
Алмалинский	117	58	16	3	0	18	2
Ауэзовский	196	88	24	4	0	28	3
Бостандыкский	159	181	54	4	0	34	6
Жетысуский	93	46	13	4	0	19	3
Медеуский	100	142	40	4	0	26	6
Турксибский	132	61	17	7	0	30	6
Итого	796	575	165	25	0	155	26

Табл. 6.4.7 Итоги предположительной оценки ущерба наземным газопроводам

Район	Протяженность газопроводов (км)	Протяженность поврежденных газопроводов (км)		
		Модель землетрясения 1887 г.	Модель землетрясения 1889 г.	Модель землетрясения 1911 г.
Алмалинский	129	25	5	15
Ауэзовский	448	120	18	70
Бостандыкский	190	60	6	28
Жетысуский	332	84	21	58
Медеуский	410	151	26	82
Турксибский	608	176	60	131
Итого	2 118	616	136	384

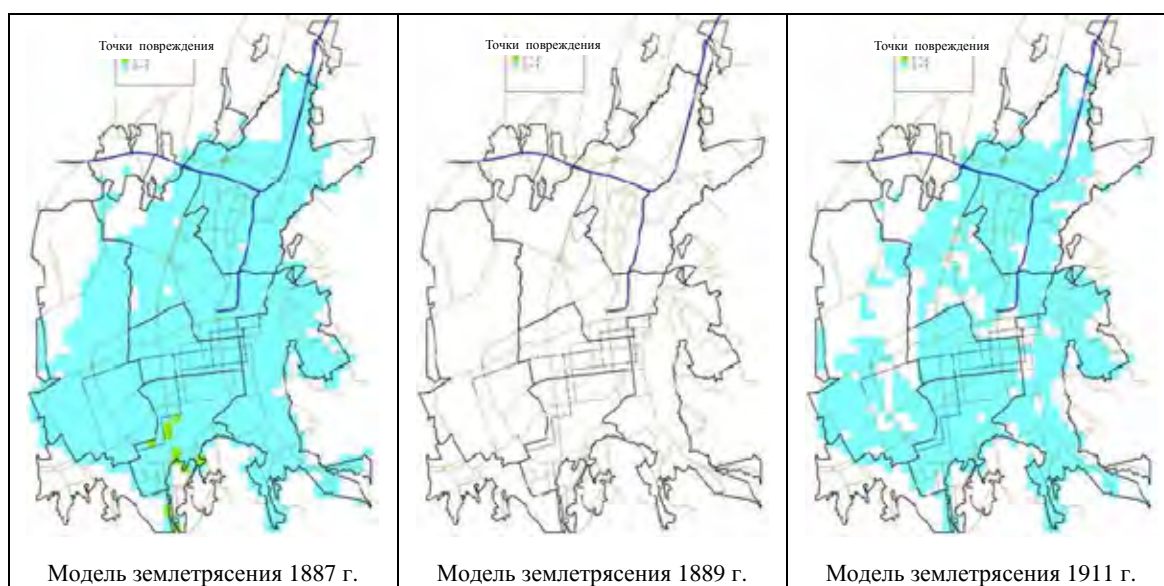


Рис. 6.4.5 Распределение среднего ущерба подземным газопроводам

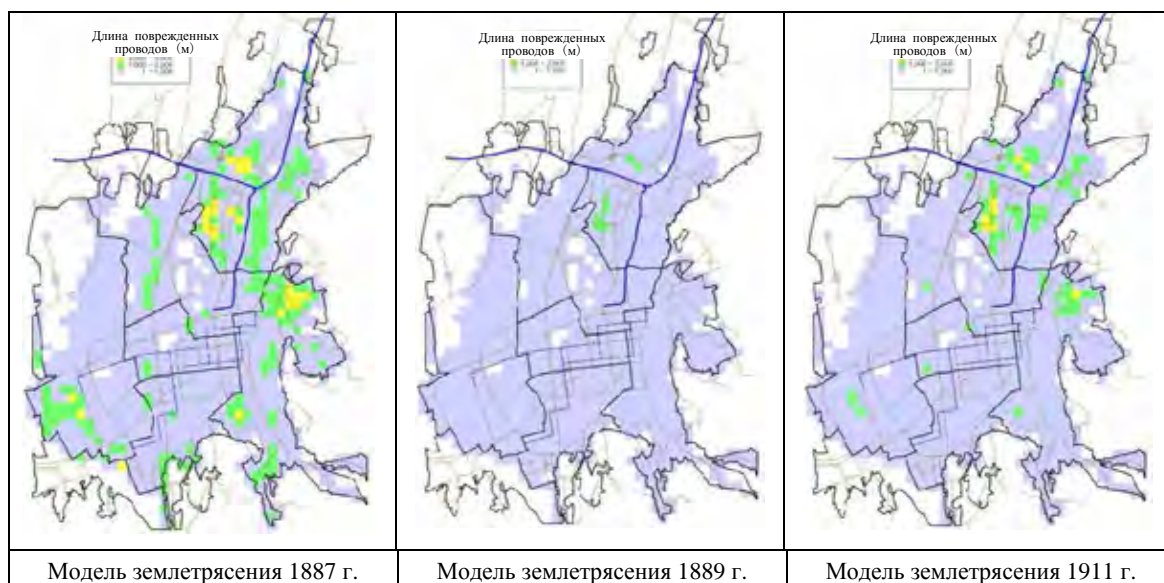


Рис. 6.4.6 Распределение среднего ущерба наземным газопроводам

6.4.4 Электроснабжение

Оценка ущерба для объектов энергоснабжения была выполнена для объектов с напряжением в сети больше 35кВ. Схема сетей электроснабжения, на основе которой проводилась оценка ущерба, была получена от компании «АПК». Сети электроснабжения подразделяются на воздушные ЛЭП и подземные ЛЭП.

(1) Методики оценки предположительного ущерба

1) Воздушные ЛЭП

Согласно действующим в Республике Казахстан директивным инструкциям, при землетрясении силой 8,5~9 баллов воздушные ЛЭП будут полностью разрушены (коэффициент повреждений ок. 75%). Однако, эта цифра представляется завышенной при сопоставлении с функциями ущерба, составленными на основе опыта прошлых землетрясений. Поэтому было принято произвести расчет максимального и среднего ущерба, с применением существующих функций ущерба, указанных на рис. 6.4.7 (префектура Токио (1998), Federal Emergency Management Agency (1999), префектура Сайтама (1998)). В ходе нынешнего Изучения расчет максимального и среднего ущерба был выполнен с использованием функции ущерба, составленной HAZUS, и, кроме того, функции ущерба, составленной префектурой Сайтама (1998).

2) Подземные ЛЭП

Согласно действующим в Республике Казахстан директивным инструкциям, подземные ЛЭП серьезно не пострадают даже при землетрясении 12 баллов. Данная оценка представляется заниженной, поэтому числовая оценка для них сделана на основе функции ущерба для г. Токио (1997) (рис. 6.4.8).

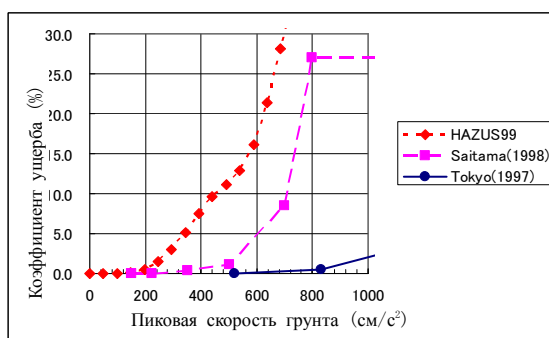


Рис. 6.4.7 Функция ущерба для ЛЭП (для воздушных ЛЭП)

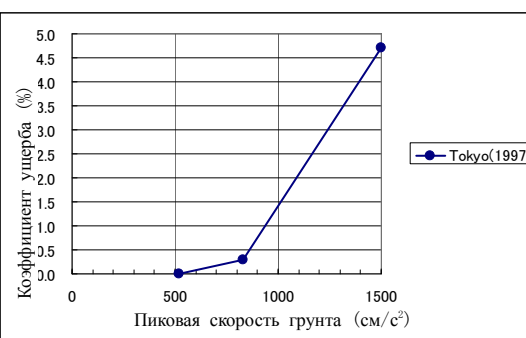


Рис. 6.4.8 Функция ущерба для ЛЭП (для подземных ЛЭП)

*1)Tokyo: Tokyo Metropolitan (Japan) (г.Токио (Япония))

*2) Saitama: Saitama Prefecture (Japan) (префектура Сайтама (Япония))

*3) HAZUS: Federal Emergency Management Agency (USA) (Федеральное Агентство по Управлению Чрезвычайными Ситуациями (США))

(2) Результаты предположительной оценки ущерба

Ущерб был рассчитан по каждому условному квадрату со стороной 500 м. Агрегированные итоги расчетов указаны в табл. 6.4.8. Распределение средних повреждений показано на рис. 6.4.9. При этом предполагается, что повреждены будут только воздушные ЛЭП, а подземные ЛЭП останутся неповрежденными.

Табл. 6.4.8 Итоги оценки предположительного ущерба основным ЛЭП

Район	Протяженность ЛЭП (км)	Протяженность поврежденных ЛЭП (км)					
		Модель землетрясения 1887 г.		Модель землетрясения 1889 г.		Модель землетрясения 1911 г.	
		Макс.	Макс.	Макс.	Макс.	Макс.	Макс.
Алмалинский	26,6	1,3	0,09	0,02	0,00	0,39	0,01
Ауэзовский	156,1	5,4	0,32	0,06	0,00	1,69	0,04
Бостандыкский	39,8	3,6	0,37	0,03	0,00	0,82	0,04
Жетысуский	79,7	3,7	0,23	0,14	0,00	1,49	0,07
Медеуский	52,0	7,7	1,92	0,08	0,00	1,60	0,09
Турксибский	33,3	1,1	0,07	0,07	0,00	0,51	0,03
Итого	387,4	22,9	2,99	0,39	0,00	6,50	0,28

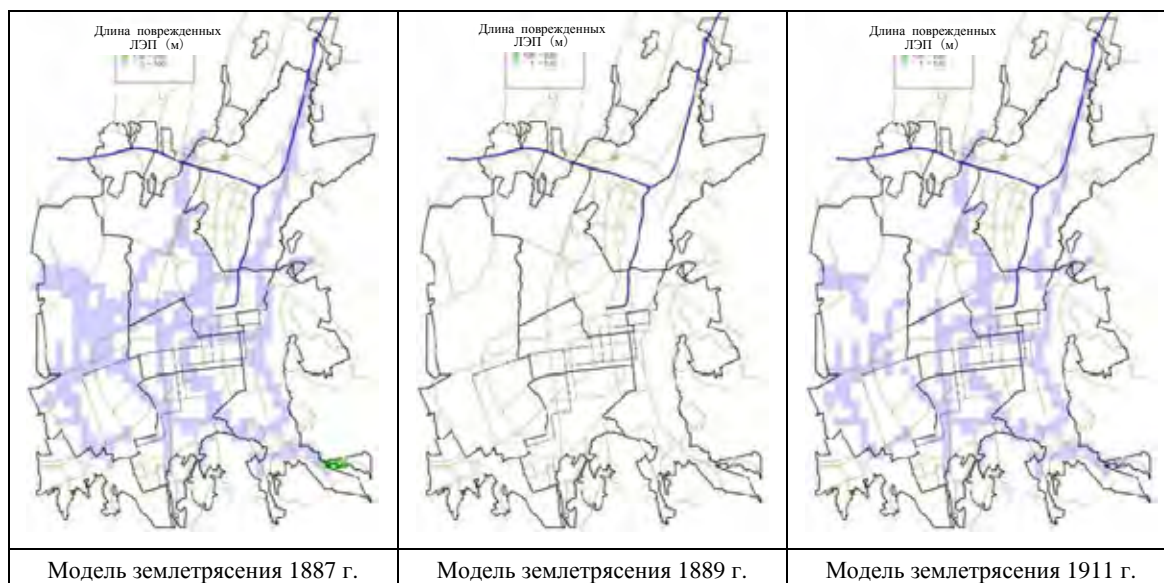


Рис. 6.4.9 Распределение среднего ущерба основным ЛЭП

6.4.5 Сейсмоусиление и регламентирование объектов водопровода и канализации

В целях изучения нынешнего уровня сейсмостойкости водопроводных и канализационных сооружений и предложения мер по дальнейшему улучшению их сейсмостойкости было проведено следующее исследование. Государственное коммунальное предприятие «Водоканал» осуществляет управление, содержание и контроль систем водоснабжения и водоотведения города Алматы, а также формирует «службу водоснабжения» - одну из 16 служб экстренного реагирования при ЧС, задача которой состоит в обеспечении водоснабжения и канализации.

- Изучение литературы касательно стандартов сейсмостойкого проектирования
- Интервью в ГКП «Водоканал»

(1) Стандарты сейсмостойкого проектирования

В качестве стандартов проектирования объектов водоснабжения был получен документ, опубликованный в 1985 году: СНиП 3.05.04-85, “Наружные сети и сооружения водоснабжения и канализации”. Содержание этих стандартов описано в табл. 6.4.9.

Глава 1 документа СНиП 3.05.04-85 гласит, что в сейсмоактивных зонах следует принять необходимые меры по обеспечению безопасности при возможных землетрясениях. Более конкретно эти меры выглядят следующим образом:

- Стальные трубы и готовые изделия должны быть спаяны с помощью сварочной дуги
- В железобетонных трубах и колодцах следует использовать цементный раствор с пластифицирующей добавкой.

Табл. 6.4.9 Структура СНиП 3.05.04-85

1	Общие положения
2	Земляные работы
3	Монтаж трубопроводов
4	Переходы трубопроводов через естественные и искусственные преграды
5	Сооружения водоснабжения и канализации
6	Дополнительные требования к строительству трубопроводов и сооружений водоснабжения и канализации в особых природных и климатических условиях
7	Испытание трубопроводов и сооружений

Стандартов сейсмостойкого проектирования до 1985 года найти не удалось.

(2) Нынешний уровень сейсмостойкости системы трубопроводов

Данные, полученные от ГКП «Водоканал» о нынешнем состоянии трубопроводов, говорят о следующем.

Из 2500 км водопроводных и 1330 км канализационных труб у 70% истек срок эксплуатации, и они находятся в состоянии изношенности. Во времена СССР в год проводилась замена примерно 50–70 км изношенных труб, но за последние 10 лет в год обновляется 1–2 км, максимум 4 км труб. Практически все работы по замене труб проводятся только на месте возникновения аварий, а расходы на ремонт и замену труб составляют около 20 млрд. тенге в год. В последнее время начали применяться пластиковые трубы и гибкие вставки, отличающиеся высокой сейсмостойкостью. С другой стороны, из-за высокой изношенности сети трубопроводов в процессе водоснабжения и водоотведения теряется более 30% объема всей воды. Кроме того после 3-бального землетрясения на керамических канализационных трубах видны повреждения.

Причина недостаточного обновления изношенных труб состоит в нехватке финансовых средств. «Водоканал» ежегодно разрабатывает план замены около 50 км труб, но отсутствие денежных средств не позволяет выполнить поставленные задачи. Источник финансирования деятельности «Водоканала» формируется главным образом за счет денежных поступлений за использованную воду. В этом году акимат города Алматы выделяет субсидии в размере 140 млн. тенге, но эти средства пойдут на оплату электричества и покупку автомобилей.

ГКП «Водоканал» является предприятием, осуществляющим управление, содержание и контроль объектов водоснабжения и водоотведения, а работы по строительству новых объектов и сооружений производятся преимущественно Управлением государственного архитектурно-строительного контроля города Алматы и компанией-застройщиком. «Водоканал» проверяет план строительства и при наличии несоответствий просит внести соответствующие поправки. Также с сентября 2008 года согласно постановлению акимата города Алматы «Водоканал» вправе заключать с частными компаниями контракты на платное выполнение их работ. Однако эти доходы не должны превышать 5% от общего дохода предприятия.

Обобщая тему состояния трубопроводов следует отметить, что в опубликованном в 1985 году документе СНиП определены требования к антисейсмическим мероприятиям, но большая часть нынешних объектов и сооружений была построена до 1985 года и не соответствует данным требованиям. Кроме того даже если предположить, что до 1985 года

существовали аналогичные стандарты сейсмостойкого проектирования, объекты и сооружения на сегодняшний день сильно изношены, что свидетельствует о низкой степени сейсмостойкости системы в целом.

(3) Состояние сейсмостойкости ключевых объектов и сооружений

Перечень основных водопроводных и канализационных объектов приведен в табл. 6.4.10. Планируемый годовой объем забора воды из поверхностных и подземных водных источников составляет 487.062 тыс. м³, но в 2006 году фактический объем годового забора воды составил 254.483 тыс. м³, что позволяет утверждать об обеспеченности достаточным запасом водных ресурсов на сегодняшний день.

Табл. 6.4.10 Обзор ключевых водопроводных и канализационных объектов

Тип	Название водоисточника	Основные мощности	Срок	Проектная производительность	Фактическая добыча
Водозаборные сооружения (подземные воды)	Алматинский водозабор	Водозаборные скважины в 24 местах, 151 колодец Верхний слой 165-200 м: 80% Средний слой 200-300 м: 13% Нижний слой 300-500 м: 7%	Загрузка мощностей 18-45 лет	529.580 м ³ /д	
	Талгарский водозабор	Водозаборные скважины в 14 местах, 124 колодец Верхний и нижний слои	Загрузка мощностей 18-22 лет	506.860 м ³ /д	
	Водозабор Малого алматинского ущелья			18.820 м ³ /день	
	(промежуточный итог)			1,055.260 м ³ /д 385.169 тыс. м ³ /год	417.590 м ³ /д 164.949 тыс. м ³ /год
Водозаборные сооружения (поверхностные воды)	Река Алматинка и ее притоки			279.160 м ³ /д 101.893 тыс. м ³ /год	245.300 м ³ /д 89.534 тыс. м ³ /год
Очистные сооружения	Фильтровальная станция "Медеу"	Отстойник (D=56m, V=11000м ³) Фильтрационная ёмкость (D=6.25m, H=4.6m)х14 Дезинфекция хлором	Построено в 1972 г.	24.160 м ³ /д	22.920 м ³ /д
	Основные очистные сооружения	Коагуляционный резервуар Фильтрационная ёмкость Дезинфекция хлором		254.000 м ³ /д	222.970 м ³ /д
Очистные сооружения для сточных вод		Отстойник Аэротанк Обработка осадка	Построено в 1970 г. В 1980 г. введены в строй сооружения биологической очистки	560.000 м ³ /д	400.000 м ³ /д

Судя по данным, полученным от «Водоканала», ключевые сооружения города Алматы построены таким образом, что могут выдержать 9-бальное землетрясение. Однако прошло

около 25-30 лет с момента их строительства, за это время не проводилось изучение степени изношенности и оценка сейсмостойкости сооружений, поэтому нельзя точно сказать, смогут ли они сегодня выдержать землетрясение в 9 баллов.

Что касается сооружений для забора подземных вод, то результаты исследований, проведенных в 1990 году Институтом сейсмологии, утверждают, что сами насосные сооружения способны выдержать 9-балльное землетрясение. Но при землетрясении силой около 3 баллов на обсадных трубах колодцев в области швов появляются повреждения, и в среднем 1 из 5 колодцев нуждается в замене. Из более чем 300 колодцев по всему городу Алматы на данный момент в нормальном режиме эксплуатируются 130-140 колодцев. Нефункциональные колодцы проверяются с помощью камер и подвергаются техническому обслуживанию.

(4) Другие антисейсмические мероприятия

Водораспределительная сеть города Алматы имеет петлеобразную структуру, поэтому даже при ее локальных повреждениях можно поддерживать непрерывное водоснабжение города.

Кроме того в обычном режиме 2/3 подаваемой воды берется из подземных источников, а 1/3 из поверхностных источников, однако в чрезвычайных ситуациях забор поверхностных вод только из рек Большая и Малая Алматинка позволяет обеспечивать объем водоснабжения 10л/чел/день. Даже если предположить, что трубопроводная сеть получила разрушительные повреждения, то для забора и транспортировки поверхностных вод с помощью насосов «Водоканал» имеет в распоряжении дизельные генераторы и около 10 автоцистерн.

Структура «Водоканала» включает нескольких дочерних предприятий, и в каждом предприятии, в каждом районе назначены ответственные лица при чрезвычайных ситуациях. При возникновении стихийного бедствия или аварии сначала ответственное лицо каждого предприятия и района выполняет действия первой необходимости – проводит изучение повреждений, закрывает люки в местах утечки воды и т.д. Информация о повреждениях поступает в Диспетчерский Центр «Водоканала» в круглосуточном режиме, а из Центра данные попадают в УМПГОиЧС Алматы. «Водоканал» располагает аварийно-ремонтной службой из 44 бригад общей численностью 320 человек (данные, полученные к ноябрю 2008 года). При обычных авариях работы занимают 8 часов в день, при чрезвычайных ситуациях восстановительные работы ведутся в 2-3 смены. Порядок восстановления того или иного объекта определяется по указанию руководства города. Если масштаб восстановительных работ большой, то город обращается за помощью извне.

(5) Предложения по улучшению сейсмостойкости

Для смягчения ущерба от землетрясения, особенно вторичных последствий, важной задачей является обеспечение населения питьевой водой. Прекращение водоснабжения из-за обвала зданий, ограниченное количество автоцистерн, отсутствие проходимости и доступа для автоцистерн из-за завалов, недостаточные запасы воды в домах на случай ЧС, и вдобавок к этому изношенная трубопроводная и канализационная сеть могут привести к крайне тяжелой ситуации.

Безусловно необходимо принять меры по решению всех вышеперечисленных проблем, но улучшение сейсмостойкости систем водоснабжения и водоотведения, особенно замена изношенных труб, не только вызывает большой положительный эффект, но также служит фундаментальным способом предотвращения повреждений и важнейшей задачей.

Стало понятным, что крайне сложно ускорить работы по замене трубопроводных сетей только за счет собственных средств «Водоканала». Следовательно, при разработке «Водоканалом» перечня объектов и сооружений, требующих замены труб, администрация города должна отобрать места с наиболее высоким уровнем приоритетности и привлечь для этого бюджетные средства. Особенно приоритет должен отдаваться ключевым объектам по предотвращению чрезвычайных ситуаций – объекты коммунального назначения и больницы, где следует провести работы по повышению сейсмостойкости водопроводных и канализационных путей, отвечающих за подачу воды и отвод сточных вод.

6.4.6 Сейсмоусиление и регламентирование объектов газоснабжения

В целях изучения нынешнего уровня сейсмостойкости объектов системы газоснабжения и предложения мер по дальнейшему улучшению их сейсмостойкости было проведено следующее исследование. АО «Алматинские газовые сети» является важным предприятием, осуществляющим газоснабжение города Алматы, содержание и эксплуатацию объектов системы газоснабжения, а также формирующим одну из 16 городских служб экстренного реагирования при ЧС - «Службу газоснабжения».

- Изучение литературы касательно стандартов сейсмостойкого проектирования
- Интервью в АО «Алматинские газовые сети»

(1) Стандарты сейсмостойкого проектирования

В качестве стандартов проектирования объектов системы газоснабжения был получен документ, опубликованный в 1987 г. (СНиП 2.04.08-87 «Газоснабжение») и документ от 1988 года (СНиП 3.05.02-88, «Газоснабжение»). Содержание этих стандартов показано в таблицах 3.8.3 и 3.8.4, при этом первый документ касается системы газоснабжения в целом, а второй – трубопроводных сетей (см. табл. 6.4.11 и 6.4.12).

В СНиП 2.04.08-87 в главе 10 описаны требования к газоснабжению в сейсмоактивной зоне, а в главе 11 – требования к строительным материалам, используемым в сейсмоактивной зоне. Основная суть сводится к следующему:

- При проектировании системы газоснабжения для города с населением более 1 млн. чел. с учетом угрозы землетрясения в 7 баллов и выше, необходимо организовать подачу газа из газораспределительных станций, расположенных более чем в 2 пунктах в противоположных частях города.
- В местах прохождения газовых труб через стены помещений или проемы следует обеспечить эластичность и водонепроницаемость
- Для надземных газопроводов в зонах 8 и 9-бального землетрясения в местах пересечения с преградами, местах соединения газовой трубы с регулятором, а также у входов и выходов необходимо установить компенсаторы.

В главе 2 СНиП 3.05.02-88 определены нормативы осмотра труб на наличие повреждений в соответствии с условиями их прокладки. Так, к подземным газопроводам в зоне землетрясений силой 7 баллов и выше, независимо от давления газа предъявляются наиболее строгие требования, а все места сварки подвергаются проверке с помощью рентгеновских лучей или ультразвука.

Табл. 6.4.11 Структура СНиП 2.04.08-87

1	Общие положения
2	Системы газоснабжения и нормы давления газа
3	Расчетные расходы газа, гидравлический расчет газопроводов
4	Наружные газопроводы и сооружения
5	Газорегуляторные пункты (грп)
6	Внутренние устройства газоснабжения
7	Системы газоснабжения тепловых электростанций
8	Газонаполнительные станции, газонаполнительные пункты, промежуточные склады баллонов, автомобильные газозаправочные станции
9	Газоснабжение сжиженными газами от резервуарных и баллонных установок
10	Дополнительные требования к системам газоснабжения в особых природных и климатических условиях
11	Материалы и технические изделия
12	Телемеханизация и автоматизированные системы управления технологическими процессами в системах газоснабжения

Табл. 6.4.12 Структура СНиП 2.04.08-87

1	Общие положения
2	Сборка и сварка газопроводов из стальных труб
3	Защита от коррозии
4	Монтаж наружных и внутренних газопроводов, оборудования и приборов
5	Переходы газопроводов через естественные и искусственные преграды
6	Сооружения на газовых сетях
7	Прокладка газопроводов в особых природных и климатических условиях
8	Особенности строительства газопроводов из полиэтиленовых труб
9	Производство испытаний

Вдобавок, в опубликованном в 2003 году ИВС (International Business Code) 4.03-01-2003 приведены нормативы выбора типов труб с учетом сейсмостойкости, где запрещается использовать полиэтиленовые трубы в зоне землетрясений выше 6 баллов. По этой причине во всех районах города Алматы для надземных и подземных газопроводов следует использовать стальные трубы, соответствующие стандарту ГОСТ 10704-91, ГОСТ 8732-78 и ГОСТ 3262-75, соединяемые электросваркой.

(2) Нынешний уровень сейсмостойкости сети трубопроводов

Согласно результатам интервьюирования АО «Алматинские газовые сети», замена газовых труб проводится в следующем порядке (см. табл. 6.4.13).

Трубы со сроком эксплуатации 10 лет каждые 5 лет подвергаются технической проверке методом зондирования, а для труб, отслуживших 25 лет, такие проверки проводятся каждые 3 года. При наличии отклонений в результатах проверки часть трубы выкапывают и подвергают визуальной диагностике. В результате диагностики на основе количества выцветших участков определяется порядок замены труб и в соответствии с бюджетом

производится замена труб в порядке приоритетности. Табл. 6.4.13 показывает объем обновленных газовых труб по годам.

Табл. 6.4.13 Фактический объем обновленных газовых труб и планируемые показатели

Года	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008-2015
Длина (км)	49.42	47.322	87.94	158.86	50.748	17.3	Итого 111.5 (план)

Источник финансирования деятельности АО «Алматинские газовые сети» формируется за счет денежных поступлений в виде оплаты за предоставляемые услуги и кроме этого через вновь созданную государственную компанию «КазТрансГаз» выделяются также средства из государственного бюджета. Поэтому средств для проведения работ по оценке состояния труб и их замене достаточно. Кроме этого для реализации специальных проектов акимат города Алматы также выделяет средства из своего бюджета. В настоящее время на средства городского бюджета осуществляются 2 проекта: первый – проект перехода от использования дорогостоящего сжиженного газа к дешевому природному газу; второй – проект газификации новых городских кварталов.

Также на сегодняшний день 105 км (29%) из 363 км газопроводов среднего давления и 2014 км (79%) из 2540 км газопроводов низкого давления проложены на поверхности, а Департамент архитектуры, строительства и городского планирования города Алматы требует перестроить их в подземные. Однако данная идея не находит реализации на практике, скорее всего из-за отсутствия территорий для подземной прокладки труб и удобства контроля на поверхности.

Подводя итог, следует отметить, что соответствие сети газопроводов стандартам СНиП и ГОСТ, а также надлежащий контроль и эксплуатация позволяют рассчитывать на относительно хороший уровень их сейсмостойкости.

(3) Другие антисейсмические мероприятия

На каждом блоке, осуществляющем подачу газа, установлены отключающие устройства, которые реагируют на отклонения в давлении и автоматически перекрывают подачу газа. При наступлении землетрясения эти устройства реагируют, прекращая подачу газа. Такие устройства смонтированы для надземных и подземных газопроводов с интервалом менее 800 м. Также трубы между отключающими устройствами проложены в петлеобразной форме. Кроме того, на предприятиях и супермаркетах имеются свои устройства автоматического отключения газа.

Что касается угрозы вторичной катастрофы при утечке газа, то здесь большое значение имеет состав газа, и состав газа, подаваемого АО «Алматинские газовые сети», строго соответствуют стандарту ГОСТ. Газ подается 2 видов – сжиженный и природный. Основу сжиженного газа составляют пропан и бутан, а природный газ на 70% состоит из метана. Оксид углерода, вызывающий случаи отравления, здесь не содержится.

(4) Предложения по улучшению сейсмостойкости

Объекты и сооружения системы газоснабжения рассматриваются как объекты, представляющие опасность, поэтому, по-видимому, уделяется должное внимание вопросам безопасности, в том числе – обеспечению сейсмостойкости. Говоря о задачах на будущее можно выделить вопрос перестройки надземных газопроводов в подземные. Преимущества перевода в подземные трубы заключается в следующем: при землетрясениях незначительный ущерб наносится системе газопроводов, можно избежать повреждения газовых труб в результате падения зданий и сооружений, а также предотвратить нарушения работы транспорта из-за обрушения опор, колонн и труб. В нынешних условиях говорится о проблеме недостаточности территории для подземной прокладки труб, но в зонах локализации надземных трубопроводов имеется множество частных жилых зданий, не рассчитанных на землетрясения, поэтому желательно провести прокладку сети подземных труб заодно с реконструкцией жилых районов.

Также для предупреждения вторичных катастроф, вызванных утечкой газа, следует увеличить количество устройств автоматического отключения, улучшить систему их технического надзора и вместе с тем обеспечить надлежащий контроль администрации города за установкой отключающих устройств.

6.4.7 Сейсмоусиление и регламентирование объектов электроснабжения

Для изучения нынешнего уровня сейсмостойкости объектов электроснабжения и предложения мер по дальнейшему улучшению их сейсмостойкости были проведены нижеуказанные исследования. АО «Алматы пауэр консолидэйтед» (АПК) является организацией, предоставляющей услуги по снабжению электрической энергией города Алматы и Алматинской области, и формирует одну из 16 городских оперативно-спасательных отрядов – «отряд энергоснабжения».

- Изучение литературы касательно стандартов сейсмостойкого проектирования
- Интервью в АО «АПК»

(1) Стандарты сейсмостойкого проектирования

В качестве стандартов проектирования объектов системы электроснабжения был найден документ СНиП III-41-76, «Контактные сети электрифицированного транспорта», однако пунктов касательно сейсмостойкого проектирования найдено не было. В Японии не существует специальных стандартов сейсмостойкого проектирования для линий электропередачи, так как воздействие вибрации от землетрясения на воздушные ЛЭП даже меньше чем при ветровой нагрузке, а подземные ЛЭП в силу своей упругости свободно выдерживают вибрацию землетрясения. В Казахстане ситуация представляется аналогичной.

Для трансформаторных станций также не нашлось специальных стандартов сейсмостойкого проектирования, но считаю, что здесь действуют такие же требования, как для обычных зданий и объектов коммунального назначения.

(2) Нынешний уровень сейсмостойкости объектов электроснабжения

Судя по данным, полученным от АО «АПК», степень сейсмостойкости объектов электроснабжения на сегодняшний день выглядит следующим образом.

Трансформаторные станции города Алматы построены с расчетом выдерживать землетрясения в 9 баллов (по MSK). Однако, большинство станций построено 40-50 лет назад, и они нуждаются в модернизации и усовершенствовании. С 2006 года начаты работы по обновлению трансформаторных станций и АО «АПК» разработало план деятельности до 2020 года. С финансовой точки зрения обновление и модернизация объектов только за счет средств АО «АПК», поступающих в качестве оплаты за пользование электроэнергией, представляется сложным, поэтому строительство и обновление сетей электроснабжения коммунального назначения осуществляется из бюджета города Алматы. Общая сумма расходов на эти цели начиная с 1999 года составила 9 млрд. тенге, но эти средства не поступают в АО «АПК». Город непосредственно осуществляет строительство и обновление объектов, а их контроль и эксплуатация поручается АО «АПК».

(3) Другие антисейсмические мероприятия

В АО «АПК» разрабатывается план действий в чрезвычайных ситуациях и 2 раза в год этот документ предоставляется в Управление МПГО и ЧС. В настоящее время АО «АПК» имеет в распоряжении штат рабочих в количестве 1000 человек, 362 машины технического обслуживания и 5 крупных переносных электростанций (250 kV – 340 kW). Сеть электроснабжения города Алматы поделена на 5 участков, в каждом из которых работает по 3 аварийно-спасательные команды и имеется 5 переносных миниэлектростанций (5 kW). Также АО «АПК» участвует в системе взаимопомощи совместно с электроэнергетическими компаниями соседних областей.

(4) Предложения по улучшению сейсмостойкости

Можно сказать, что обновление и дополнительное укрепление изношенных объектов является на данный момент задачей наибольшей важности. Что касается работ по обновлению мощностей, учитывая то, что АО «АПК» разрабатывает план выполнения работ, а администрация города выделяет средства из бюджета и реализует проекты, то необходимо слаженное взаимодействие обеих сторон. Необходимо, чтобы АО «АПК» в качестве подтверждения своему плану обновления мощностей, передавала информацию о степени изношенности объектов и местах возникновения сбоев администрации города, а она на основе полученных данных определяла степень приоритетности для каждого объекта и эффективно использовала имеющиеся средства.

Кроме того в тех районах, где проводится реконструкция жилых кварталов, рекомендуется заменить воздушные линии электропередачи подземными, обладающими высокой степенью безопасности при землетрясениях.

Справочная литература

- 1) Префектура Токио (1997) «Отчет исследования предположительного ущерба от сильного близкого землетрясения в Токио» (на яп. яз.)
- 2) Японская водопроводная ассоциация (1998) «Прогноз ущерба трубопроводам водоснабжения в результате землетрясения» (на яп. яз.)
- 3) Японский центр водопроводных исследований (2000) «Отчет о прогнозе ущерба водопроводу от землетрясения и о разработке технологий поиска и выявления повреждений» (на яп. яз.)
- 4) Federal Emergency Management Agency (1999) HAZUS99 Technical Manual
- 5) Префектура Сайтама (1998) «Отчет исследования по предполагаемому ущербу от землетрясения в префектуре Сайтама» (на яп. яз.)

6.5 Пожары

По оценке, в целевой зоне Изучения находится около 1 тыс. деревянных многоквартирных домов и около 32 тыс. индивидуальных деревянных домов. Если во время или сразу после землетрясения возникнет пожар, то имеется вероятность распространения пламени на эти дома. Здесь исследован вопрос о возможности распространения пожара, исходя из ситуации с распределением деревянных домов.

6.5.1 Возможность распространения пожаров

Во время или непосредственно после землетрясения по разнообразным причинам могут возникать пожары. Особенность сопровождающих землетрясение пожаров состоит в том, что воспламенения происходят почти одновременно. При крупномасштабном бедствии, подобном сценарному Верненскому землетрясению, возникают пожары, для тушения которых возможностей городских пожарных служб оказывается недостаточно. Можно предположить, что многие пожары потушить не удастся, и они будут распространяться на другие объекты.

В ситуации, когда возможность вести деятельность по пожаротушению отсутствует, вероятность распространения пожаров и коэффициент вызванных пожарами разрушений сильно зависят от плотности застройки и доли деревянных домов. Указанный на рис. 6.5.1 график составлен по опыту пожаров в г. Кобэ во время землетрясения в южной части префектуры Хёго. График иллюстрирует связь между *долей воспламеняемой зоны* и *долей площади выгорания*: чем больше доля воспламеняемой зоны, тем больше доля площади выгорания. Этот график используется также в исследованиях предположительного ущерба от землетрясений, проводимых Кабинетом министров Японии. На распространение пожаров влияет также ветер. Связь, отраженная на рис. 6.5.1, предполагает скорость ветра в 3 м/сек. Численные расчеты указывают, что при скорости ветра в 15 м/сек доля площади выгорания увеличится в 2 раза. Ниже приведены определения доли воспламеняемой зоны и доли площади выгорания.

$$\text{Доля}_\text{воспламеняемой}_\text{зоны} = \left(1 - \frac{\text{Незастроенная}_\text{площадь}}{\text{Застроенная}_\text{площадь}} \right) \times \left(\frac{\text{Площадь}_\text{застройки}_\text{под}_\text{дерев}_\text{домами}}{\text{Общая}_\text{площадь}_\text{застройки}} \right)$$

$$\text{Доля}_\text{площади}_\text{выгорания} = \frac{\text{Площадь}_\text{застройки}_\text{под}_\text{сгоревшими}_\text{зданиями}}{\text{Площадь}_\text{застройки}_\text{под}_\text{дерев}_\text{домами}}$$

* Незастроенная площадь: парки, акватории, луга, дороги и т. д.

Между тем, согласно метеорологическим данным за последние 5 лет, максимальная величина среднемесячной скорости ветра составляет 2,4 м/сек., а максимальная величина из максимальных за месяц скоростей ветра – 15 м/сек.

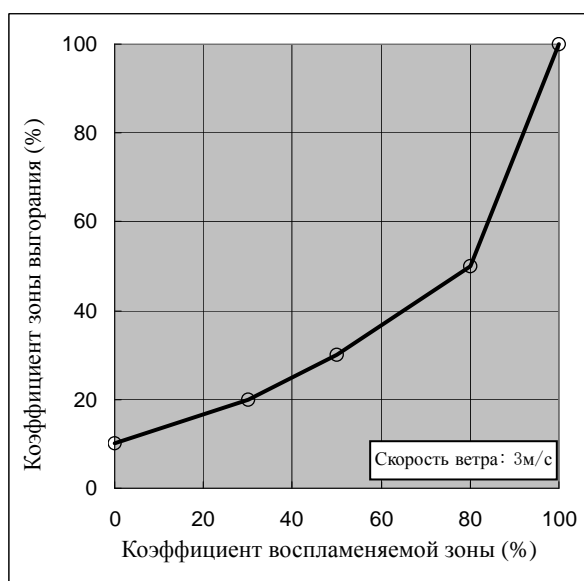


Рис. 6.5.1 Связь между долей воспламеняемой зоны и долей площади выгорания

6.5.2 Предположительная оценка ущерба

Исходя из доли воспламеняемой зоны, максимальное число сгоревших домов было рассчитано на основании следующих условных предположений.

- Пожары возникнут во всех квадратах, где возможно воспламенение
- Деятельность по пожаротушению вестись не будет
- Пожары будут продолжаться вплоть до естественного затухания

Доля воспламеняемой зоны была оценочно определена с использованием данных о современном состоянии зданий (данные, использовавшиеся при предположительной оценке ущерба зданиям), а также вновь составленных в ходе Изучения данных ГИС. На рис. 6.5.2 показано распределение деревянных домов. Можно заметить, что много деревянных домов расположено к востоку от вокзала Алматы-2. На рис. 6.5.3 показано распределение расчетного максимального числа сгоревших домов. Чем ближе окраска района к красной, тем выше в нем возможность воспламенения.

Далее, на основе опыта бедствия в г. Кобэ (землетрясение в южной части префектуры Хёго) было рассчитано число погибших.

- Часть людей, заблокированных в разрушившихся при землетрясении деревянных домах, погибнет при пожарах.
- От пожаров на площади выгорания погибнет 15% жителей деревянных домов, получивших сильные и/или более значительные повреждения.

Результаты расчетов приведены в табл. 6.5.1. Число погибших при пожарах даже при наихудшем сценарии оценочно не превысит 500 чел. Таким образом, можно считать, что в случае землетрясения в Алматы гибель людей в основном будет связана с обрушением домов.

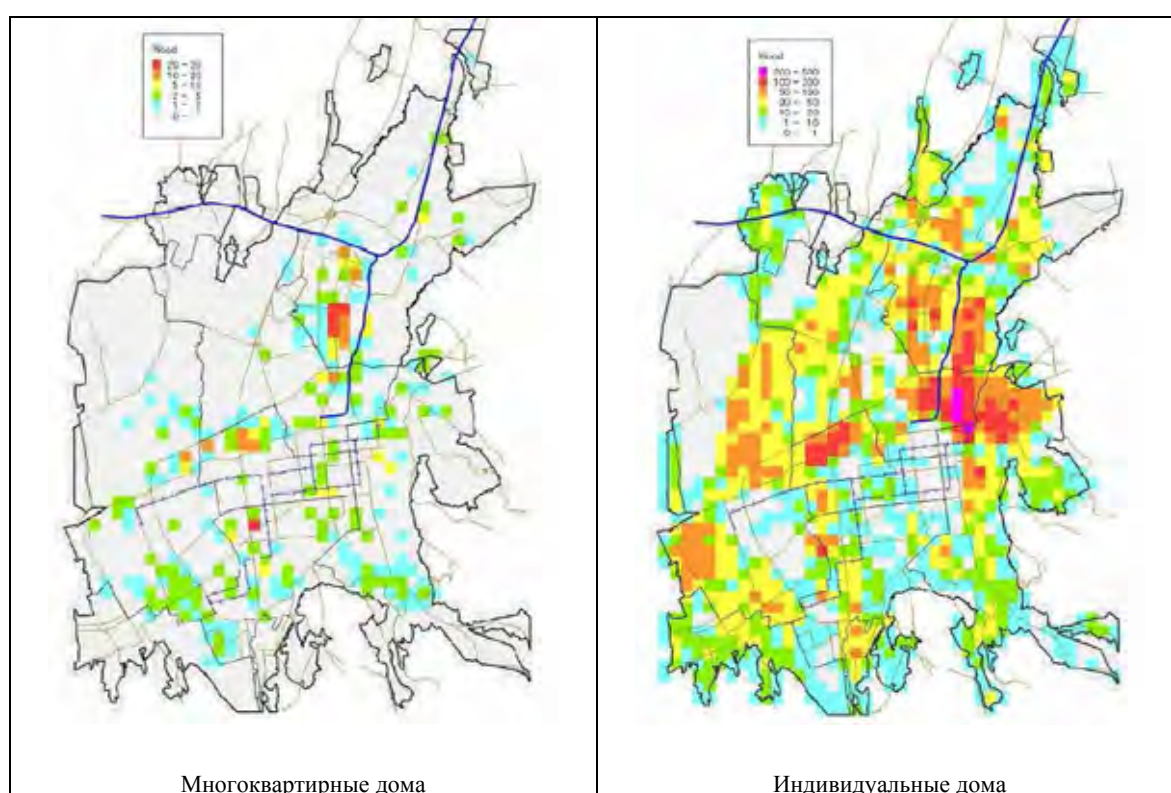


Рис. 6.5.2 Распределение деревянных домов

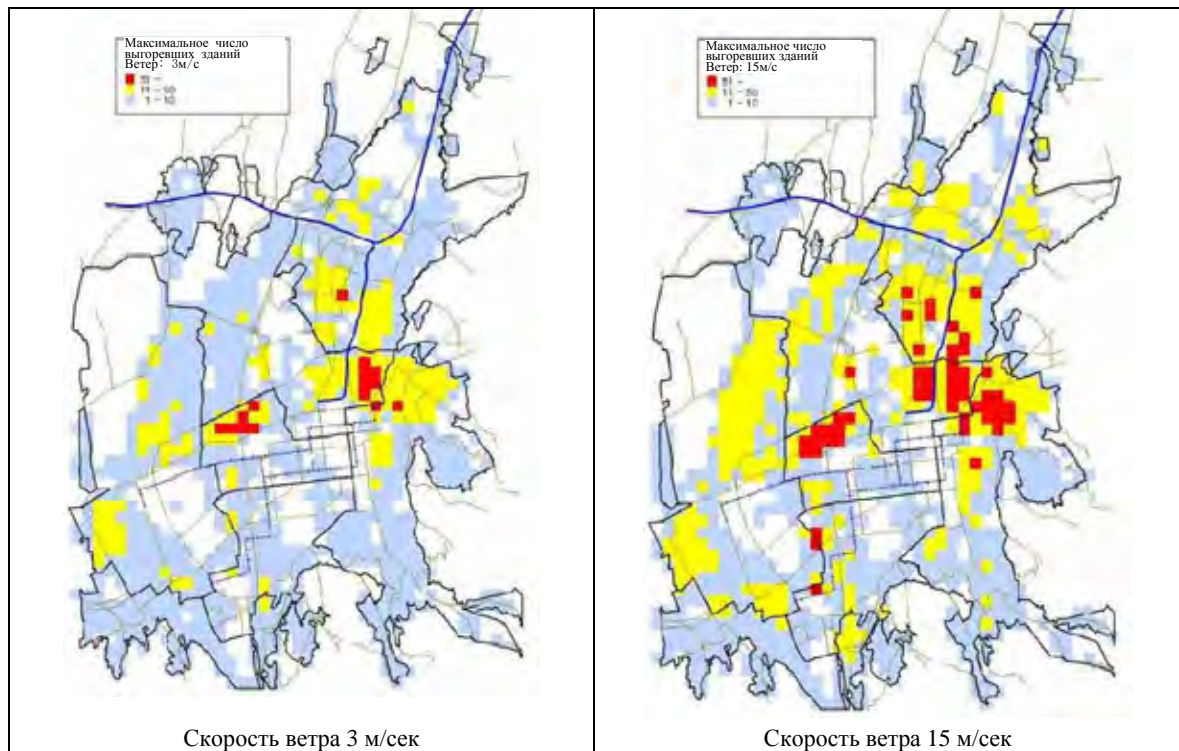


Рис. 6.5.3 Итоги предположительной оценки распределения максимального числа сгоревших домов

Табл. 6.5.1 Обобщенные итоги предположительной оценки ущерба от пожаров

Скорость ветра	Максимальное число сгоревших домов	Максимальное число погибших при пожарах		
		Сценарий Верненского землетрясения 1887 г.	Сценарий Чиликского землетрясения 1889 г.	Сценарий Кеминского землетрясения 1911 г.
3 м/сек. (10,8 км/ч)	7 000	250	10	90
15 м/сек. (54,0 км/ч)	14 000	500	30	180

Список литературы

- 1) Кабинет министров Японии, 2003, «Материалы 10-го экспертного исследования по землетрясениям Тонанкай, Нанкай и др.» (на яп. яз.)