

Бергенева Н.С.¹, Акилбекова А.А.², Итжанова К.С.³

¹ к.б.н., доцент, e-mail: Nurgul.Bergeneva@kaznu.kz, тел.: +7 701 729 8418

² магистрант 2 курса, e-mail: bota_92@inbox.ru: +7 701 3612255

³ преподаватель, магистр технических наук, e-mail: karlyga.itzhanova@kaznu.kz тел.: 87024742205
Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы

АНАЛИЗ УСТОЙЧИВОСТИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ОТ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ В Г. АЛМАТЫ

В данной работе дана оценка устойчивости зданий и сооружений к землетрясению в городе Алматы, так как частые землетрясения несут в себе угрозу жизни и здоровью населения. Землетрясения являются важной составляющей частью окружающей среды, и на данный момент ни один район земного шара нельзя считать полностью избавленным от землетрясений. Поэтому эта тема является актуальной не только для Казахстана. Анализ устойчивости зданий и сооружений города Алматы проводился с целью предотвращения угроз жизни и здоровью населения. Основной задачей исследования является изучение типов сооружений по районам города Алматы и способов защиты зданий и сооружений от сейсмического воздействия, проведение расчетов устойчивости зданий и сооружений по городу Алматы.

В данной статье использован метод анализа видов зданий и сооружений города, их устойчивости к сейсмическим колебаниям и метод снижения сейсмической уязвимости жилых зданий и сооружений. Показан расчет уровней устойчивости зданий в различных районах города к сейсмическим колебаниям. Приведены данные по сейсмоусилению зданий в районах города Алматы. Как показали результаты, устойчивость зданий и сооружений города напрямую зависят от их расположения на карте города, что обусловлено снижением сейсмической активности по направлению от нижней части до верхней. Согласно заключению, следует увеличить количество проектных организаций, отвечающих за качество строительства, а также использовать разную структуру и подход к возведению зданий в различных районах города.

Также в статье указаны способы защиты зданий и сооружений от сейсмического воздействия путем применения композитных материалов из углеволокна и сейсмоизоляция зданий путем установки гибкого подземного этажа.

Ключевые слова: устойчивость, безопасность, землетрясения, сейсмоусиление, сейсмическая изоляция.

Bergeneva N¹., Akilbekova A², Itzhanova K³.

1 candidate of biological Sciences, associate professor, e-mail: Nurgul.Bergeneva@kaznu.kz,
tel.: +7 701 729 8418

2 Master of 2 course, e-mail: bota_92@inbox.ru, tel.: +7 7013612255

3 The teacher, the master of technical sciences, e-mail: karlyga.itzhanova@kaznu.kz
tel.: +77024742205

Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

ANALYSIS OF STABILITY OF BUILDINGS AND STRUCTURES AGAINST EARTHQUAKES IN ALMATY

In this paper, the stability of buildings and structures to an earthquake in Almaty is estimated, since frequent earthquakes carry a threat to the life and health of the population. Earthquakes are an important part of the environment, and at the moment no part of the globe can be considered completely free of earthquakes. Therefore, this topic is relevant not only for our region. The aim of the work is to study the stability of buildings and structures in Almaty. The main objective of the study is to study the types of structures in the areas of the city of Almaty and ways to protect buildings and structures from seismic impact, carrying out calculations of the stability of buildings and structures in the city of Almaty.

This article uses a method to analyze the types of buildings and structures in the city, measure their resistance to seismic fluctuations, and reduce the seismic vulnerability of residential buildings and structures. The calculation of the stability levels of buildings in different parts of the city to seismic fluctuations is shown. The data on the seismic strengthening of buildings in the districts of Almaty. As the results showed, the stability of buildings and structures of the city directly depends on their location on the city map, which is due to the reduction of seismic activity in the direction from the lower part to the upper one. According to the conclusion, it is necessary to increase the number of design organizations responsible for the quality of construction, as well as to use a different structure and approach to the erection of buildings in different parts of the city.

Also in the article are listed 2 ways to protect buildings and structures from seismic action by composite materials from carbon fiber and seismic insulation of buildings by installing a flexible underground floor.

Key words: stability, safety, earthquakes, seismic strengthening, seismic isolation.

Бергенева Н.С.¹, Акилбекова А.², Итжанова К.³

1 б.ғ.к., доцент, e-mail: Nurgul.Bergeneva@kaznu.kz, тел.: +7 701 729 8418

2 2 курс магистранты, e-mail: bota_92@inbox.ru, тел.: +7 7013612255

3 мұғалім, техникалық ғылымдар магистрі, e-mail: karlyga.itzhanova@kaznu.kz тел.: 87024742205
әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ.

АЛМАТЫ ҚАЛАСЫНДАҒЫ ЖЕР СІЛКІНІСТЕРГЕ ҒИМАРАТТАР МЕН ИМАРАТТАРДЫҢ ТҰРАҚТЫЛЫҚТЫҒЫН ТАЛДАУ

Бұл жұмыста жиі орын алатын жер сілкінісі халықтың денсаулығы мен өміріне қауіп төндіретіндіктен, Алматы қаласындағы ғимараттар мен имараттардың жер сілкінісіне тұрақтылығын бағалау қарастырылған. Жер сілкінісі қоршаған ортаның маңызды құраушысы болып табылады, және қазіргі уақытта жер шарының ешбір ауданы жер сілкінісінен толықтай алыстатылған деп есептелінбейді. Сондықтан бұл тақырып Қазақстаннан тыс аумақтарда да өзекті. Алматы қаласының ғимараттары мен имараттарының тұрақтылығын талдау халықтың денсаулығы мен өміріне қатерінің алдын алу мақсатында жүргізілді. Зерттеудің негізгі міндеті - Алматы қаласындағы аудандар бойынша имараттардың типтерін және сейсмикалық әсерден ғимараттар мен имараттарды қорғаудың әдістерін зерттеу, Алматы қаласы бойынша ғимараттар мен имараттардың тұрақтылығына есептеу жүргізу.

Берілген мақалада ғимараттар мен имараттардың түрлерін талдау әдістері, олардың сейсмикалық тербелістерге тұрақтылығы және тұрған ғимараттар мен имараттардың сейсмикалық осалдығын төмендету әдістері қолданылған. Қаланың әртүрлі аудандарындағы ғимараттардың сейсмикалық тербелістерге тұрақтылық деңгейі есептелген. Алматы қаласы аудандарындағы ғимараттардың сейсмикалық күшейту бойынша мәліметтер келтірілген. Зерттеу нәтижесіне сәйкес қаладағы ғимараттар мен имараттардың тұрақтылығы қаланың картада орналасуына тікелей тәуелді, картаның төменгі бөлігінен жоғары қарай сейсмикалық белсенділік азаюға негізделген. Қорытындыға сәйкес, құрылыс сапасына жауап беретін жобалық ұйымдардың санын, сондай-ақ қаланың түрлі аудандарында ғимараттарды тұрғызудың тәсілдерін және түрлі құрылымды қолдану керек.

Сонымен қатар, мақалада сейсмикалық әсерден ғимараттар мен имараттарды көмірталшықты материалдардан дайындалған композитті материалдарды қолдану жолымен және иілгіш жерасты қабатын орнату жолымен ғимараттарды сейсмикалық оқшаулау тәсілдері көрсетілген.

Кілт сөздер: тұрақтылық, қауіпсіздік, жер сілкінісі, сейсмикалық күшейту, сейсмикалық оқшаулау.

В настоящее время угроза потенциально опасных стихийных бедствий особо ощутима. С изменением климата и природных процессов населению города Алматы угрожают сход селевых масс, оползней, лавин и других природных катастроф. Но самой актуальной на сегодняшний день проблемой были и остаются частые землетрясения. Город Алматы находится в сейсмически опасной зоне, так как расположен на границе столкновения двух литосферных плит, которые постоянно находятся в движении, и возле молодых гор Заилийского Алатау. Статистика смертности в мире из-за последствий землетрясений составляет 15 тыс. чел. в год, а материальный ущерб сотни млн. долларов в год (Bozorgnia, (2004). Учитывая масштабы разрушений и человеческие потери, задача инженеров состоит в предусмотрении проектирования инфраструктуры города, принимать объемно - планировочные и конструктивные решения, позволяющие минимизировать риск потери устойчивости от землетрясений. В условиях постоянного расширения и строительства всегда стоит продумать изучения сейсмостойкости зданий и сооружений, ведь угроза жизни населения при землетрясениях является основой при начале возведения сооружений (Мажиев Х.Н. 2011: 555).

Целью исследования является анализ устойчивости зданий и сооружений города Алматы.

Основной задачей исследования является исследование типов сооружений по районам города Алматы и способов защиты зданий и сооружений от сейсмического воздействия, проведение расчетов устойчивости зданий и сооружений по городу Алматы.

Использован метод анализа видов зданий и сооружений города, измерение их устойчивости к сейсмическим колебаниям и метод снижения сейсмической уязвимости жилых зданий и сооружений.

Объектом исследования выбран самый распространенный тип зданий и сооружений в Алмалинском, Алатауском, Ауэзовском, Бостандыкском, Жетысуском, Медеуском, Наурызбайском, Турксибском районах города Алматы.

Здания классифицируются в соответствии с их уровнем качества, учитывая качество проектирования, производства работ, качество материалов и намеченный (проектный) уровень сейсмостойкости. Используются 3 уровня качества: Q_1 : низкий; - Q_m : средний; - Q_h : высокий (Вильчик Н. П, 2008: 230). Уровень Q_1 является основным уровнем в большей части Республики Казахстан и города Алматы и составляет 60-65% от общего количества сооружений, учитывая возраст конструкций и структуру строительства. Надежность процедуры и результата назначения макросейсмической интенсивности I проверяется двумя способами: самооценкой, то есть с указанием коэффициента надежности; выходящей за рамки настоящего стандарта сверкой макросейсмической интенсивности I_{ms} со значением соответствующей инструментальной интенсивности I_{in} (Айзенберг Я.М. 2007:41-43).

Определение коэффициента надежности K_R значения (балла) интенсивности I производится по нижеприведенной формуле:

$$K_R = n \times k_1 + m \times k_2 + l \times k_3 / 0.8 \times N,$$

где N - общее количество использованных при назначении интенсивности эффектов/признаков, n - количество эффектов/признаков 1-го ранга, m - количество эффектов/признаков 2-го ранга, l - количество эффектов/признаков 3-го ранга, $k_1=0,8$, $k_2=0,5$, $k_3=0,2$ -парциальные коэффициенты веса/значимости эффектов, использованных для назначения I (Николаев И.И., 2009:71).

По особенностям пространственного расположения на территории города Алматы различают конструктивные типы зданий и сооружений, такие как бескаркасный, каркасный тип, монолитные конструкции.

По данным расчетов, в качестве объекта исследования выбраны сооружения, по типу которые, преобладают в каждом из 8 районов города. Как видно из расчетов (таблица 1), в Ауэзовском районе города имеется потенциально неблагоприятный уровень наносимого урона по сооружениям в случае чрезмерной сейсмической активности, выше среднего по показателям уязвимости и повреждений. В Алмалинском районе города Алматы наблюдается

средний класс уязвимости, но в случае поражения основного количества сооружений железобетонного каркаса, ожидается довольно высокая степень повреждений (СНиП, ч. 2, разд. А, гл. 12. «Строительство в сейсмических районах. Нормы проектирования», 2013). Алатауский район города Алматы имеет относительно безопасный уровень уязвимости, но высокую степень потенциальных повреждений в связи с малым количеством сейсмоусиления зданий. В Бостандыкском районе наблюдаются минимальные уязвимость и повреждения. Это связано со строительством зданий и сооружений по новым стандартам. По итогам расчета для Жетысуского района, можно сделать вывод, что здания имеют максимальную степень повреждения и средний класс уязвимости. В Медеуском районе имеет безопасный класс уязвимости, что в совокупности может гарантировать целостность конструкций со средним уровнем расчетных нагрузок (ASD). В Турксибском районе города основная масса строений состоит из железобетонных каркасов с кирпичным наполнением (СНиП II -7- 81. Строительство в сейсмических районах. 2000: 318), что при сейсмической активности данного района имеет минимальную устойчивость и максимальную уязвимость. Наурызбайский район города Алматы имеет относительно опасный уровень уязвимости, но высокую степень потенциальных повреждений, что можно описать приближенностью к горным районам, на подножии которых и расположена область города (Бергенева Н.С., 2017: 8). Подводя итог, можно сказать, что стойкость и устойчивость сооружений к сейсмической активности уменьшается по мере движения с севера на юг и в нижних районах города активность и угроза обрушений намного выше, чем в верхних районах. Таким образом, самым уязвимым из районов является Турксибский и степень повреждения зданий высока. Это связано с тем, что в этом районе преобладают здания и сооружения старой постройки.

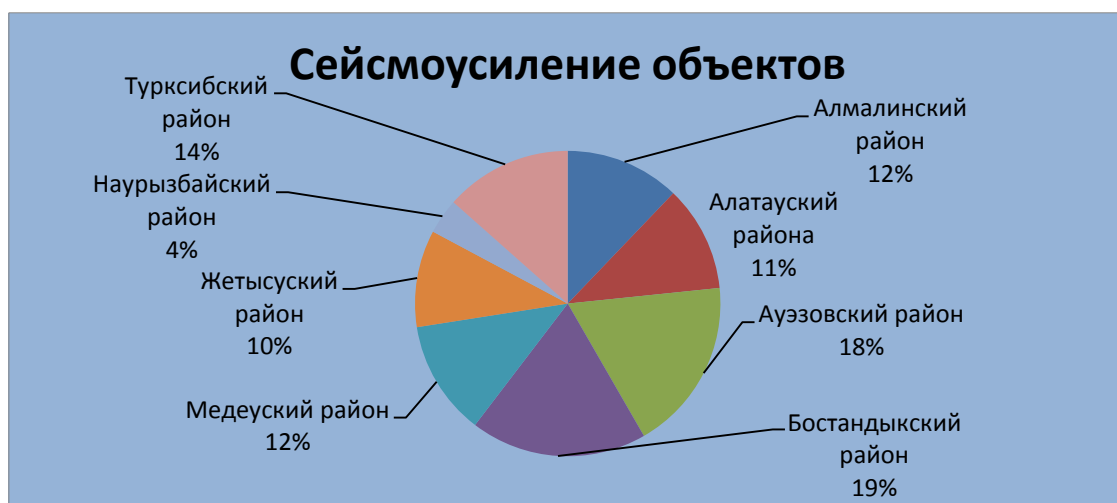
Таблица 1 - Устойчивость зданий по районам города Алматы

Район	Тип постройки	Класс уязвимости (A-F)	Степень повреждения (1-5)
Алмалинский	Железобетонный каркас с кирпичным заполнением ASD	C	4
Ауэзовский	Железобетонный каркас с кирпичным заполнением ASD	D	4
Алатауский	Железобетонный каркас с минимальным уровнем ASD	B	5
Медеуский	Железобетонный каркас со средним уровнем ASD	B	2
Жетысуский	Железобетонный каркас с кирпичным заполнением ASD	C	5
Бостандыкский	Железобетонный каркас со средним уровнем ASD	B	2
Турксибский	Железобетонный каркас с кирпичным заполнением ASD	D	5
Наурызбайский	Железобетонный каркас с минимальным уровнем ASD	B	5

Изучив данные расчетов устойчивости зданий в условиях частых землетрясений, можно сказать, что при сильных толчках 7-8 баллов в городе Алматы могут обрушиться около 30% всех зданий.

Вопрос сейсмоусиления существующей застройки, имеющей дефицит сейсмостойкости, имеет неоднозначное решение. Часть зданий усиливают, но их усиление должно быть технико-экономически обосновано и производиться современными методами. (Ольфати Р. 2004 :234). Так в 2016 году было предусмотрено выполнение работ по сейсмоусилению 141 объектов образования и 42 объектов здравоохранения. На данный момент всего сейсмоусилено 33 здания (12%) из них 21 объект образования и 12 объектов здравоохранения. Невыполнение запланированной работы связано с недостаточным финансированием. На 2017-2019 годы запланировано сейсмоусиление 1 757 объектов недвижимости в разрезе административных районов города Алматы, из которых: - объекты коммунальной собственности – 535 (рис. 1). Из них в Наурызбайском районе – 20, в Ауэзовском районе – 98, в Алмалинском районе – 65, в Алатауском районе – 60, в Медеуском районе – 65, в Жетысуском районе – 55, в Турксибском районе – 72, в Бостандыкском районе – 100; - объекты жилищно-гражданского назначения – 1 222. Из них в Турксибском районе объекты жилищно-гражданского назначения составляют 750, в Жетысуском районе – 382, в Алмалинском районе – 90.

Рисунок 1 – Сейсмоусиление объектов по 8 районам города Алматы на 2017-2019 годы



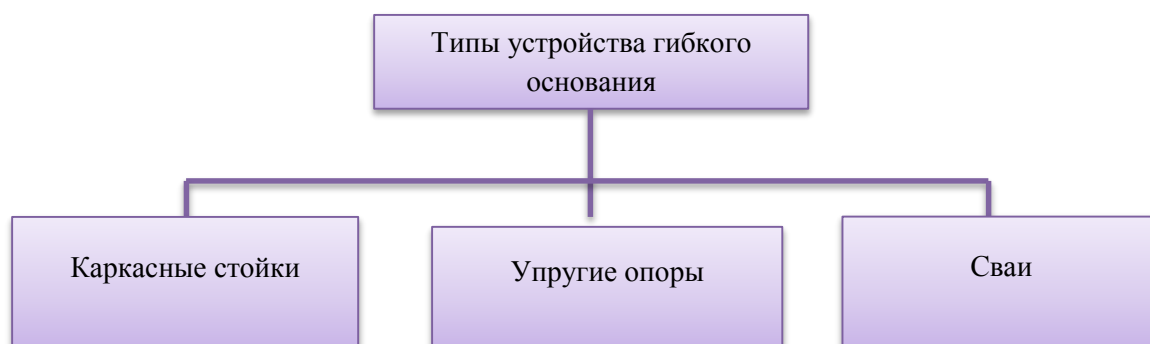
Снижение интенсивности сейсмических воздействий здания или сооружения может быть достигнуто путем повышения сейсмостойкости оснований. Необходимо проводить застройки на грунтах I и II категории согласно классификации (Чигринская Л.С. 2009 :107) так как чем грунт прочнее, плотнее, малонасыщен водой, тем быстрее скорость прохождения через него сейсмической волны. Глубину заложения фундаментов рекомендуется увеличивать путем устройства подвальных этажей. Фундаменты зданий высотой более 16 этажей на нескальных грунтах следует, как правило, принимать свайными или в виде сплошной фундаментной плиты с заглублением подошвы относительно отметки отмотки не менее чем на 3,0 м. Фундаменты зданий, возводимых на нескальных грунтах, должны, как правило, устраиваться на одном уровне. Подвальные этажи следует предусматривать под всем зданием. При расчетной сейсмичности 7 и 8 баллов допускается устройство подвала под частью здания. При этом следует располагать его симметрично относительно главных осей здания (Саркисов Д.Ю. 2015: 126).

За границей используются также для защиты зданий и сооружений от сейсмического воздействия композитные материалы из углеволокна. Данный материал состоит из тончайших нитей углерода, объединенных в кристаллы путем термохимической обработки. Благодаря выравниванию атомов кристаллической решетки материалы из углеродного волокна обладают

следующими преимуществами: высокая сила натяжения, низкий удельный вес, низкий коэффициент температурного расширения и химическая инертность. Обладает гораздо меньшей массой. Это свойство открывает простор исследования сейсмозащиты зданий путем тотального уменьшения веса сооружения за счет отсутствия стальной арматуры. Углеродные ленты и ячеистые сетки могут быть широко применены не только в защите проектируемых зданий, но и для реновации, сохранения существующих строений, не соответствующих современным требованиям. Такой способ защиты применяется в России (Арутюнян, А.Р. 2010а: 56).

Сейсмоизоляция зданий путем установки гибкого подземного этажа. Считается наиболее распространенным типом сейсмоизоляции (рис. 2).

Рисунок 2 – Типы устройства гибкого основания



Перечисленные виды позволяют «приподнять» основание над грунтом и изолировать сейсмическую нагрузку от защищаемой конструкции. Суть данного метода сейсмоизоляции заключается в увеличении периода. Места повреждения зданий конструкции (к примеру, от $t=0,3-1$ с до $t=2-3$ с). Это позволяет уменьшить ускорение здания во время землетрясений (Тарасов В.А., 2016:176).

Анализ способов защиты зданий и сооружений от последствий землетрясений дает основания писать об актуальности исследуемой темы и высокой мировой заинтересованности. Так как разнообразие методов защиты очень велико, для каждой конкретной ситуации должны учитываться особенности района строительства и производиться расчет выбранного метода сейсмозащиты на динамические воздействия с целью подбора экономически и эргономически наиболее выгодного варианта (Арутюнян, А.Р. 2010б: 56).

Выводы:

1. По итогам расчетов уровней устойчивости здания в различных районах города Алматы видно, что самым уязвимым из районов является Турксибский и степень повреждения зданий высока. Это связано с тем, что в этом районе преобладают здания и сооружения старой постройки. Самые минимальные уязвимость и повреждения наблюдаются в Бостандыкском районе.

2. Здания из железобетонного каркаса, выполненные без специальных мер сейсмозащиты, при землетрясениях интенсивностью 7 баллов получают сильные повреждения, а при 8 баллах многие конструкции разрушаются, часто отмечаются обвалы отдельных конструкций. При 9-балльных землетрясениях разрушения и обвалы носят массовый характер (Michael Wysession, (2002).

3. Применение систем сейсмоизоляции в сейсмоопасных районах сейсмичностью 7, 8 и 9 баллов позволит снизить сейсмические нагрузки в 1,5-4 раза в зависимости от конкретных

условий площадки и конструкций здания, что позволяет повысить сейсмостойкость существующих зданий на 1-2 балла (Pe Pankaj Pankaj, 2005:1014).

4. Рекомендуются при проектировании зданий и сооружений принимать симметричные конструктивные схемы и добиваться равномерного распределения жесткостей конструкций и масс (TC. 2005) (ATC13) (Report). Redwood, CA: Applied Technology Council).

5. Следует увеличить финансовую базу и численность организации, прерогативой которых является изучение сейсмической активности региона (Wilson, E. Aug. 4-6, 1999); На ряду с этим, следует улучшать кооперирование действий и обмен опытом с иностранными организациями, которые занимаются возведением сейсмостойких сооружений более долгое время (ASCE. (2000).

6. В многоэтажных зданиях необходимо обеспечить монолитность перекрытий и покрытий – в сборных – путем замоноличивания стыков между плитами. Также устраивают стыки между стеновыми панелями путем устройства шпоночной поверхности боковых граней (Michael Wyssession, SethStein 2002).

7. Улучшить качество и частоту проверок со стороны экспертных организаций и инженеров в сфере техники безопасности для улучшений качества строительства.

8. Для строительства необходимо разработать конструкции каркаса на основе серии 1.120.1-1с «Конструкции каркаса для жилых и общественных зданий с натяжением арматуры в построечных условиях для строительства в районах с сейсмичностью 7, 8 и 9 баллов с изготовлением изделий в единых опалубочных формах».

Список используемой литературы

1. Арутюнян, А.Р. Современные методы сейсмоизоляции зданий и сооружений / А.Р. Арутюнян // Инженерно-строительный журнал. –2010. –№ 3. – С. 56-60.
2. Архитектура зданий. Учебник. Вильчик Н. П. 2008. -С.230-240.
3. Айзенберг Я.М. Сейсмоизоляция высоких зданий // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. №4, 2007. С. 41-43.
4. Бергенева Н.С., Динислан Д., «Исследование устойчивости зданий и сооружений к сейсмическим колебаниям в городе Алматы» // "Вестник КазНУ" 2017 45- том, №2, 104 - 111 стр., 8 - стр.
5. Мажиев Х.Н. Материалы и конструкции для повышения сейсмостойкости зданий и сооружений: 05.23.01- М.,2011 г. -555 с.
6. Саркисов Д.Ю. Сейсмостойкость зданий и сооружений: учеб. пособие Изд-во Томский. Государственный архитектурный-строительный университет 2015. – 156 с.
7. СНиП II -7-81. Строительство в сейсмических районах. М.: Госстрой России, 2000. 31с.
8. СНиП, ч. 2, разд. А, гл. 12. «Строительство в сейсмических районах. Нормы проектирования», 2013.
9. Николаев И.И. Руководство по проектированию сейсмостойких зданий и сооружений, т.1–4, М., 2009 с.71.
10. Чигринская Л.С. Сейсмостойкость зданий и сооружений. Учебное пособие для студентов специальностей 270102 "Промышленное и гражданское строительство" и 270105 "Городское строительство и хозяйство" / Ангарская государственная техническая академия. – Ангарск: Изд-во АГТА, 2009. - 107 с.
11. Тарасов В.А., Барановский М.Ю., Редькин А.В., Соколов Е.А. Степанов А.С. Системы сейсмоизоляции// Инженерно-строительный журнал. 2016 г. № 4 (43), с. 117-140 Основы теории сейсмостойкости и сейсмостойкого строительства зданий и сооружений. СПб, 2008. 176 с.
12. Ольфати Р. Стальные конструкции малоэтажных промышленных зданий в условиях высокой сейсмичности: 05.23.01-Ж.,2004 г.-234 с.
13. ASCE. (2000). Pre-standard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings (FEMA-356) (Report No. FEMA 356). Reston, VA: American Society of Civil Engineers prepared for the Federal Emergency Management Agency.
14. Bozorgnia, Y, Bertero, V. (2004). «Earthquake Engineering: From Engineering Seismology to Performance-Based Engineering», CRC Press.
15. TC. (2005). Earthquake Damage Evaluation Data for California (ATC-13) (Report). Redwood, CA: Applied Technology Council.
16. «Early Finite Element Research at Berkeley», Wilson, E. and Clough R., presented at the Fifth U.S. National Conference on Computational Mechanics, Aug. 4-6, (1999).

17. «Historic Developments in the Evolution of Earthquake Engineering», illustrated essays by Robert Reitherman, CUREE, (2010), p12.
18. Vamvatsikos D., Cornell C.A. (2002). Incremental Dynamic Analysis. Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 31(3): 491–514.
19. Michael Wyssession, Seth Stein (2002), an Introduction to Seismology, Earthquakes and Earth Structure 1st Edition.
20. Pe Pankaj Pankaj, Ermiao Lin, Material modelling in the seismic response analysis for the design of RCframed structures// Engineering Structures Vol./27 (2005) pp.1014–1023.