

Бергенева Н.¹, Даурен Д.², Исанбекова А.³

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

²магистрант 2 курса, e-mail: dinislandauren@gmail.com, тел.: +7 701 421 0398

³Ph.D, e-mail: Almagul.Isanbekova@kaznu.kz, тел.: +7 775 287 6321

Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы

**ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ЗДАНИЙ И
СООРУЖЕНИЙ К СЕЙСМИЧЕСКИМ КОЛЕБАНИЯМ
В ГОРОДЕ АЛМАТЫ**

В данной работе дана оценка устойчивости зданий и сооружений к сейсмическим колебаниям в городе Алматы, так как частые землетрясения несут в себе угрозу жизни и здоровью населения. В условиях постоянного расширения и строительства всегда стоит продумать о сейсмоустойчивости зданий, ведь угроза жизни населения при землетрясениях является основой при начале возведения сооружений. Чтобы остаться целыми и невредимыми среди зданий и сооружений при землетрясении, гражданам следует знать больше об условиях строительства в сейсмоопасной зоне. Цель – исследование состояния зданий города Алматы по характеристикам сейсмической безопасности.

Задачи исследования:

- исследование распространенных видов сооружений города Алматы;
- проведение расчетов устойчивости зданий;

Использован метод анализа распространенных видов зданий и сооружений города, измерение их устойчивости к сейсмическим колебаниям. В данной статье показан расчет уровней устойчивости зданий в различных районах города к сейсмическим колебаниям. Приведены данные об уровнях проектной сейсмостойкости большей части сооружений, рассчитаны возможные показатели их устойчивости. Как показали результаты, устойчивость зданий и сооружений города напрямую зависит 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.

Ключевые слова: сейсмичность, безопасность, землетрясения, строительство.

Bergeneva N.¹, Dauren D.², Isanbekova A.³

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

²Master of 2 course, e-mail: dinislandauren@gmail.com, tel.: +7 701 421 0398

³PhD, e-mail: Almagul.Isanbekova@kaznu.kz, tel.: +7 775 287 6321
Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan,

**Research of the stability of buildings and
structures to seismic oscillations in the city of Almaty**

In this paper, we estimate the stability of buildings and structures for seismic fluctuations in the Almaty city, because frequent earthquakes threaten to life and health of population. In conditions of constant expansion and construction, we always must always worth considering the seismic resistance of buildings, because threaten to life of population during earthquakes is the basis for the beginning of erection of structures. To remain unharmed among in the seismic zone. The aim is to study the condition of buildings in Almaty on characteristics of seismic safety. Objectives of the study:

- study of common types of buildings in Almaty;
- carrying out calculations of the stability of buildings;

We used the method of analysis of the common types of buildings and structures of the city, measuring their resistance to seismic vibrations. This article shows the calculation of the stability levels of buildings in different parts of the city to seismic fluctuations. Data are given on the levels of design seismic resistance of most of the structures, possible indicators of their stability are calculated. 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.

Key words: Seismicity, safety, earthquake, building.

Бергенева Н.¹, Даурен Д.², Исанбекова А.³

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

²курс магистранты, e-mail: dinislandauren@gmail.com, тел.: +7 701 421 0398

³Ph.D., e-mail: Almagul.Isanbekova@kaznu.kz, тел.: +7 775 287 6321

әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ.

Алматы қаласындағы ғимараттар мен құрылыстардың сейсмикалық тербелістерге тұрақтылығын зерттеу

Бұл мақалада жиі болып тұратын жер сілкіністері, халықтың өмірі мен денсаулығына қатер төндіретіндіктен, Алматы қаласындағы ғимараттар мен құрылыстардың сейсмикалық тербелістерге тұрақтылығына баға берілген. Құрылыстардың жүргізілуі және тұрақты кеңею жағдайында ғимараттардың сейсмотұрақтылығын әрқашан да ойластырып отыру қажет, себебі жер сілкінісі кезінде халықтың өміріне қатер туындауы құрылысты монтаждаудың бастапқы кезеңіне байланысты. Жер сілкінісі кезінде ғимараттар мен құрылыстар арасында аман-сау қалу үшін, азаматтарға сейсмоқауіпті аймақтардағы құрылыс жағдайы туралы көбірек білулері қажет.

Жұмыстың мақсаты – Алматы қаласындағы ғимараттардың күйін сейсмикалық қауіпсіздігі сипаттамалары бойынша зерттеу.

Зерттеудің міндеттері:

- Алматы қаласындағы кең тараған құрылыстар түрін зерттеу;
- ғимараттар тұрақтылығына есептеулер жүргізу.

Қалада кең тараған ғимараттар мен құрылыстарды сараптау және олардың сейсмикалық тербелістерге тұрақтылығын өлшеу әдістері қолданылған. Берілген мақалада қаланың әр түрлі аудандарындағы ғимараттардың сейсмикалық тербелістерге тұрақтылық деңгейінің есептеулері, құрылыстардың көп бөлігінің жобалық сейсмотұрақтылық деңгейі туралы мәліметтер келтіріліп, олардың мүмкін болатын тұрақтылық көрсеткіштері есептелген. Алматы қаласында сейсмикалық тербелістерге түрлі бөліктеріндегі ғимараттар мен құрылыстардың тұрақтылық деңгейіне есептеулер жүргізіліп бағаланған. Нәтижелер көрсеткендей қаланың ғимараттары мен құрылыстарының тұрақтылығы олардың орналасқан жеріне (карта бойынша) төменнен жоғары бағытта сейсмикалық белсенділіктің төмендеуіне байланысты болады. Есептеулер қорытындыларына сәйкес, құрылыс сапасы үшін жауапты жобалау ұйымдарының санын көбейтілу және қаланың түрлі бөліктеріндегі ғимараттар салу үшін түрлі құрылымын және тәсіл пайдалану қажет.

Түйін сөздер: сейсмикалық қауіпсіздік, жер сілкінісі, құрылыс.

В настоящее время угроза потенциально опасных природных катастроф особенно ошущима. С изменениями климата и природных процессов, людям нужно знать о возможных опасностях, с которыми им предстоит встретиться лицом к лицу. Если в других точках планеты людям угрожают ураганы, торнадо, цунами и другие природные катастрофы, то в Алматы самой актуальной проблемой были и остаются частые землетрясения (Алматы. Энциклопедия, 2003. – С. 265). Город Алматы всегда был

центром инновационного развития и местом постоянного развития инфраструктуры. В условиях постоянного расширения и строительства всегда стоит продумать сейсмоустойчивость зданий, ведь угроза жизни населения при землетрясениях является основой при начале возведения сооружений. Чтобы остаться целыми и невредимыми среди зданий и сооружений при землетрясении, гражданам следует знать больше об условиях строительства в сейсмоопасной зоне.

Цель исследования – состояние зданий города Алматы по характеристикам сейсмической безопасности.

Задачи исследования:

- исследование распространенных видов сооружений города Алматы;

- проведение расчетов устойчивости зданий;

Использован метод анализа распространенных видов зданий и сооружений города, измерение их устойчивости к сейсмическим колебаниям.

В качестве объекта исследования выбран основной и самый распространенный тип зданий и сооружений в каждом из районов города Алматы. Типология данных сооружений заключалась в конструктивных различиях. Здания классифицируются в соответствии с их уровнем качества, учитывая качество проектирования, производства работ, качество материалов и назначенный (проектный) уровень сейсмостойкости (ПУСС). Конструкторами и проектными инженерами используются 3 уровня качества: Q_1 : низкий; Q_m : средний; Q_h : высокий (Вильчик Н. П., 2008.-С.230). Это является самой удобной формой классификации в проектировании будущих сооружений, которая зависит от таких факторов, как плотность грунта, сейсмическая активность района застройки, свойства почвы и близость грунтовых вод, а также метеорологические особенности региона.

Уровень Q_1 является основным уровнем в большей части Республики Казахстан города Алматы составляет 60-65% от общего количества сооружений, учитывая возраст конструкций и структуру строительства. По рангу надежности использования в шкале «объекты-сенсоры» и другие аспекты подразделяются на три указанные ниже степени:

Первый ранг – апробированные/надежные (хорошо изученные здания массового строительства и другие стандартные аспекты, в том числе используемые в предыдущих поколениях макросейсмической шкалы).

Второй ранг – подопытные/относительно надежные (принятые как объекты-сенсоры и претендующие стать стандартными).

Третий ранг – сомнительные (не утвержденные пока как объекты-сенсоры, проверяемые, но недостаточно проверенные) (Айзенберг Я.М., 2007. С. 41-43).

Шкала «объекты-сенсоры» – есть классификация сооружений, имеющих наибольшую устойчивость к сейсмической активности, как правило, к первому рангу относятся конструкции, структура строительства которых, является преимущественно самой распространенной в регионе. Таким образом, данные 3 ранга (степени) являются показателем преобладания определенного типа строительства в том или ином районе.

Коэффициент, отражающий надежность устойчивости сооружений к сейсмической активности K_R значения (балла) интенсивности I определены по нижеследующей формуле:

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

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., т.1–4, М., 2009–71).

По итогу данного вида расчетов, в качестве объекта исследования выбраны сооружения, по типу которые, преобладают в каждом из районов города. Эти различия вызваны как в разнице постройки каждого блока сооружений города, так и геологическими свойствами регионов города Алматы.

Как видно из расчетов (таблица 1), в Турк-сибском районе города основная масса строений состоит из железобетонных каркасов с кирпичным наполнением (СНиП II -7- 81. Строительство в сейсмических районах., 2000. 318с), что при сейсмической активности данного района имеет минимальную устойчивость и максимальную уязвимость.

Таблица 1 – Итоги расчетов устойчивости зданий для Турк-сибского района г. Алматы

Класс уязвимости						Турк-сибский район	Степень потенциального повреждения -d				
A	B	C	D	E	F		1	2	3	4	5
			•								•
Тип постройки						Железобетонный каркас с кирпичным наполнением (ASD ₁)					

По итогам расчета для Жетысусского района (таблица 2), можно сделать вывод, что преобладающие сооружения с железобетонным каркасом с кирпичным заполнением (ASD – есть уровень нагрузок, учтенных при проектировании здания, при наличии индекса делятся

на: индекс с минусом – нагрузка на верхние этажи, при индексе без минуса – нагрузка на нижние этажи и фундамент), имеют максимальную степень максимального повреждения и средний класс уязвимости, что в целом недопустимо.

Таблица 2 – Итоги расчетов устойчивости зданий для Жетысусского района г. Алматы

Класс уязвимости						Жетысусский район	Степень потенциального повреждения -d				
A	B	C	D	E	F		1	2	3	4	5
		●	○								●
Тип постройки						Железобетонный каркас с кирпичным заполнением (ASD)					

В Ауэзовском районе города имеется потенциально неблагоприятный уровень наносимого урона по сооружениям в случае чрезмерной

сейсмической активности (Таблица 3), ниже среднего по показателям уязвимости и повреждений.

Таблица 3 – Итоги расчетов устойчивости зданий для Ауэзовского района г. Алматы

Класс уязвимости						Ауэзовский район	Степень потенциального повреждения -d				
A	B	C	D	E	F		1	2	3	4	5
			●	○					●		
Тип постройки						Железобетонный каркас со средним уровнем (ASD)					

Таблица 4 – Итоги расчетов устойчивости зданий для Алмалинского района г. Алматы

Класс уязвимости						Алмалинский район	Степень потенциального повреждения -d				
A	B	C	D	E	F		1	2	3	4	5
	○	●							●		
Тип постройки						Железобетонный каркас с кирпичным заполнением					

В Алмалинском районе города Алматы (Таблица 4) 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», М., 2013).

Самым безопасным в случае сейсмической активности районом города по итогам расчетов стал Бостандыкский район (Таблица 5), где наблюдаются минимальные уязвимость и повреждения.

Медеуский район города (Таблица 6), также расположенный на относительно устойчивом

плато города, имеет безопасный класс уязвимости, что в совокупности может гарантировать целостность конструкций со средним уровнем расчетных нагрузок (ASD).

Наурызбайский район города Алматы (Таблица 7) имеет относительно безопасный уровень уязвимости, но высокую степень потенциальных повреждений, что можно описать приближенностью к горным районам, на подножии которых и расположена область города. Подводя итог, можно сказать, что стойкость и устойчивость сооружений к сейсмической активности уменьшается по мере движения с севера на юг.

Таблица 5 – Итоги расчетов устойчивости зданий для Бостандыкского района г. Алматы

Класс уязвимости						Бостандыкский район	Степень потенциального повреждения -d				
A	B	C	D	E	F		1	2	3	4	5
	●	○							●		
Тип постройки						Железобетонный каркас со средним уровнем (ASD)					

Таблица 6 – Итоги расчетов устойчивости зданий для Медеуского района г. Алматы

Класс уязвимости						Медеуский район	Степень потенциального повреждения -d				
A	B	C	D	E	F		1	2	3	4	5
	●	○							●		
Тип постройки						Железобетонный каркас со средним уровнем ASD					

Таблица 7 – Итоги расчетов устойчивости зданий для Наурызбайского района г. Алматы

Класс уязвимости						Наурызбайский район	Степень потенциального повреждения -d				
A	B	C	D	E	F		1	2	3	4	5
	●										●
Тип постройки						Железобетонный каркас с минимальным уровнем ASD					

В нижних районах города активность и угроза обрушений намного выше, чем в верхних районах. Объяснить это может карта сейсмического районирования города (Рисунок 1), согласно которой, выделены зоны землетрясения с интенсивностью 9, 8, 7, 6, 5 и менее баллов.

Жетысу Алатау, Илийская впадина, Кунгей Алатау, некоторые районы Иле Алатау и город Алматы отнесены к 9-ти балльной зоне. Согласно схеме комплексного сейсмического микро-районирования на территории самого города выделены два района с сейсмичностью 9 и 10 баллов. К 9-ти балльному району отнесена территория конусов выноса рек Киши и Улкен Алматы (Малая и Большая Алматинки) южнее пр. Райымбек батыра. На востоке и с юга эта территория ограничена низкими прилавками (нижняя предгорная ступень), на западе эта территория сливается с конусами выноса рек Каргалы и Аксай. С 10-тибалльной сейсмичностью – район охватывает всю территорию города севернее пр. Раймбека в центральной части города – восточнее р. Киши Алматы (Малой Алматинки).

Изучив данные расчетов устойчивости зданий в условиях частых землетрясений, а также инновационный подход к строительству в данной сфере и сделаны следующие предложения:

1. Для конкретизации внимания на условиях строительства зданий и сооружений в городе Алматы, следует расширить функционал экспертных организации в области строительства (Основы проектирования зданий в сейсмических районах, под ред. И. Л. Корчинского, М., 2012);

2. Следует увеличить финансовую базу и численность организации, прерогативой которых является изучение сейсмической активности региона (Wilson, E. Aug. 4-6, 1999);

3. На ряду с этим, следует улучшать кооперирование действий и обмен опытом с иностранными организациями, которые занимаются возведением сейсмостойких сооружений более долгое время (ASCE. (2000));

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

5. Использовать разную структуру строительства в зависимости от географического расположения на карте города (СПб, 2008. 176 с).

А также улучшить требования к самим строительным процессам:

Все строительные материалы, конструкции и конструктивные схемы должны обеспечивать наименьшее значение сейсмических нагрузок.

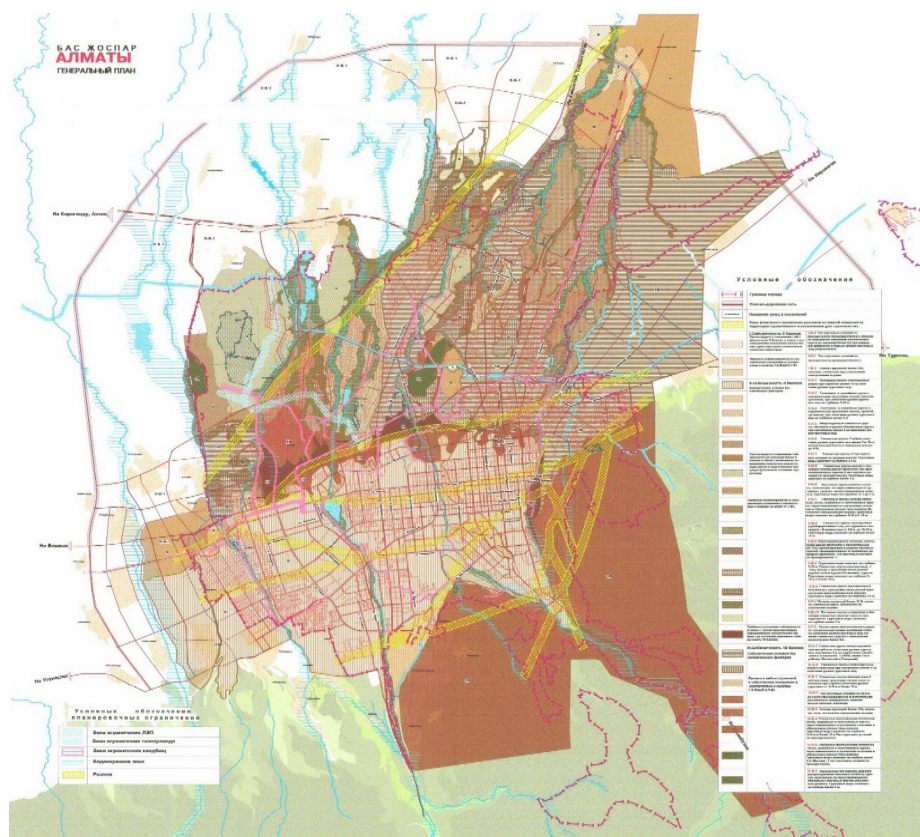


Рисунок 1 – Карта сейсмического районирования города Алматы

Рекомендуется при проектировании принимать симметричные конструктивные схемы и добиваться равномерного распределения жесткостей конструкций и масс (ТС. 2005). (ATC-13) (Report). Redwood, CA: Applied Technology Council.).

Следует соблюдать требование равнопрочности элементов несущих конструкций, не допускать слабые узлы и элементы, которые могут привести к разрушению сооружения до исчерпания его несущей способности (Bozorgnia, Y, Bertero, CRC Press, 2004).

В зданиях из сборных элементов рекомендуется устраивать стыки вне зоны максимальных усилий, обеспечивать однородность и монолитность конструкций за счет применения укрепленных сборных элементов (Robert Reitherman, CUREE, 2010, p12).

Существенное влияние на сейсмостойкость зданий оказывает выбор объемно-планировочных схем, их формы и габаритов. Анализ последствий сильных землетрясений показывает, что лучшие формы сооружения в плане – круг, прямоугольник, квадрат и близкие им по формам очертания. В таких зданиях практически

исключаются крутильные колебания. Если необходимо создание сложных форм в плане здания, то его следует разрезать по всей высоте на отдельные замкнутые отсеки простой формы, чтобы обеспечить независимую работу каждого из них во время землетрясения. Достигается это устройством антисейсмических швов, которые можно совместить с температурными или осадочными (Vamvatsikos D., Cornell C.A. (2002) 31(3): 491–514.).

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

Большое влияние на величину сейсмических нагрузок оказывает масса сооружения. Поэтому необходимо стремиться к максимальному снижению веса конструкций, и, соответственно, сейсмических сил. Это достигается применением облегченных конструкций, перенесением тяжелого оборудования, складированием материалов в нижние этажи.

Существуют различные конструкции монолитных железобетонных антисейсмических поясов, систем сопряжения стен и перекрытий (Peter M. Shearer (2009), Introduction to Seismology 2nd Edition).

При устройстве блочных и панельных стен усиливают стыки наружных и внутренних стеновых панелей, закладные детали на сварке стыков стеновых панелей и перекрытий. Отметим болтовые соединения стен и перекрытий японских зданий.

Каркасные здания имеют значительно больший период собственных колебаний, чем бескаркасные, поэтому динамический эффект воздействия на здание существенно снижается. Недостаток – неравномерное распределение усилий в элементах каркаса от горизонтальных нагрузок по этажам, также отличаются повышенной деформативностью (Havskov, Jens, Ottemoller, Lars (2010), Routine Data Processing in Earthquake Seismology).

Наличие в каркасах различных связей, диафрагм жесткости способствует ограничению перемещений, к увеличению жесткости здания,

приводит к частичному поглощению энергии, передаваемой колеблющимся основанием к надземной части здания. Диафрагмы, связи и ядра жесткости устанавливаются непрерывными по всей высоте здания и располагаются в обоих направлениях равномерно и симметрично относительно центра тяжести здания (Bizhan Abgarmi, A. Arda Özacar (First Published on May 17, 2017)).

В сборных каркасах желательно разрезку каркаса делать по точкам нулевых моментов на стойках, а на ригелях – в четвертях или середине пролетов. Стыки колонн центруют, применяя ванную сварку рабочей арматуры и тщательно замоноличивают (Julian J. Bommer, Helen Crowley (First Published on May 10, 2017)).

Данные предложения помогут улучшить как качество строительства сейсмостойких зданий и сооружений, так и уменьшить риски обрушения при чрезвычайных ситуациях, предупредить больший процент катастрофического воздействия землетрясений, снизить число возможных жертв после катастрофической сейсмической активности горных пород.

Литература

- 1 Алматы. Энциклопедия / Гл. ред. Козыбаев М. К., 2003. – С. 265–266. – 608 с. – 60 000 экз.
- 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 СНиП II -7-81. Строительство в сейсмических районах. М.: Госстрой России, 2000. 318 с.
- 5 Николаев И.И. Руководство по проектированию сейсмостойких зданий и сооружений, т.1–4, М., 2009–71;
- 6 Основы теории сейсмостойкости и сейсмостойкого строительства зданий и сооружений. СПб, 2008. 176 с.
- 7 Основы проектирования зданий в сейсмических районах, под ред. И. И. Корчинского, М., 2012;
- 8 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.
- 9 TC. (2005). Earthquake Damage Evaluation Data for California (ATC-13) (Report). Redwood, CA: Applied Technology-Council.
- 10 Bozorgnia, Y, Bertero, V, «Earthquake Engineering: From Engineering Seismology to Performance-Based Engineering», CRC Press, 2004.
- 11 «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
- 12 «Historic Developments in the Evolution of Earthquake Engineering», illustrated essays by Robert Reitherman, CUREE, 2010, p12.
- 13 Vamvatsikos D., Cornell C.A. (2002). Incremental Dynamic Analysis. Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 31(3): 491–514.
- 14 Michael Wysession, Seth Stein(2002), An Introduction to Seismology, Earthquakes and Earth Structure 1st Edition.
- 15 Peter M. Shearer (2009), Introduction to Seismology 2nd Edition
- 16 Bizhan Abgarmi, A. Arda Özacar (First Published on May 17, 2017), M□ Split: A Graphical User Interface to Analyze Multi-layered Anisotropy from Shear□ Wave Splitting
- 17 Havskov, Jens, Ottemoller, Lars (2010), Routine Data Processing in Earthquake Seismology
- 18 Julian J. Bommer, Helen Crowley (First Published on May 10, 2017) The Purpose and Definition of the Minimum Magnitude Limit in PSHA Calculations

References

- 1 Kozyibaev M.K. (2003) Almaty. Encyclopedia [Almaty. Encyclopedia]. Pp. 265-266-608.
- 2 Vilchik N.P. (2008) Arhitekturazdanii. Uchebnik. [Architecture of buildings. Textbook]. Pp. 230-240
- 3 Izenberg Y.M. (2007) Seismoizolyatsiyavysokikhzdaniy // Seysmostoykoyestroitel'stvo. Bezopasnost' sooruzheniy. [Seismic insulation of high buildings // Seismic construction. Security of buildings]. Vol.№4. Pp.41-43
- 4 Building regulations II -7-81 (2000) Stroitel'stvo v seysmicheskikhrayonakh [Construction in seismic regions]. Moscow: GosstroyRossii. Pp. 318
- 5 Nikolayev I.I.(2009) Rukovodstvoproyektirovaniyuseysmostoykikhzdaniyisooruzheniy [Guidelines for the Design of Earthquake-Resistant Buildings and Structures]. Moscow. Pp.71
- 6 St. Petersburg (2008). Osnovyteoriiseysmostoykostiiseysmostoykogostroitel'stvazdaniyisooruzheniy [Fundamentals of the theory of seismic resistance and earthquake-resistant construction of buildings and structures]. Pp.176
- 7 Korchinskii I.L. (2012) Osnovyproyektirovaniyazdaniy v seysmicheskikhrayonakh [Basics of designing buildings in seismic regions]. Moscow.
- 8 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.
- 9 TC. (2005). Earthquake Damage Evaluation Data for California (ATC-13) (Report). Redwood, CA: AppliedTechnology-Council.
- 10 Bozorgnia, Y, Bertero, V, «Earthquake Engineering: From Engineering Seismology to Performance-Based Engineering», CRC Press, 2004.
- 11 «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
- 12 «Historic Developments in the Evolution of Earthquake Engineering», illustrated essays by Robert Reitherman, CUREE, 2010, p12.
- 13 Vamvatsikos D., Cornell C.A. (2002). Incremental Dynamic Analysis. Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 31(3): 491–514.
- 14 Michael Wysession, Seth Stein (2002), An Introduction to Seismology, Earthquakes and Earth Structure 1st Edition.
- 15 Peter M. Shearer (2009), Introduction to Seismology 2nd Edition
- 16 BizhanAbgarmi, A. ArdaÖzacar(First Published on May 17, 2017), M□Split: A Graphical User Interface to Analyze Multi-layered Anisotropy from Shear□Wave Splitting
- 17 Havskov, Jens, Ottemoller, Lars (2010), Routine Data Processing in Earthquake Seismology
- 18 Julian J. Bommer, Helen Crowley(First Published on May 10, 2017) The Purpose and Definition of the Minimum Magnitude Limit in PSHA Calculations