

Устойчивость зданий и сооружений к сейсмическим колебаниям в городе Алматы
Бергенева Нургуль¹, Динислан Даурен²

¹к.б.н., доцент, Казахский Национальный Университет им. Аль-Фараби,
сот. 87017298418, Nurgul.Bergeneva@kaznu.kz

²магистрант 2 курса, Казахский Национальный Университет им. Аль-Фараби
Сот. 87014210398, dinislandauren@gmail.com

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 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.

В настоящее время угроза потенциально опасных природных катастроф особенно ощутима. 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 (Алма-Ата. 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 – 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 качестве объекта исследования выбран основной и самый распространенный тип зданий и сооружений в каждом из районов города Алматы. Типология данных сооружений заключалась в конструкционных различиях. Здания классифицируются в соответствии с их уровнем качества, учитывая качество проектирования, производства работ, качество материалов и намеченный (проектный) уровень сейсмостойкости (ПУСС). Конструкторами и проектными инженерами используются 3 уровня качества: Q_1 : низкий; Q_m : средний; Q_h : высокий (Архитектура зданий, 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 Q₁ 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. 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) (Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. №4, 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,

k₁=0,8, k₂=0,5, k₃=0,2 – парциальные коэффициенты веса/значимости эффектов, использованных для назначения I (Руководство по проектированию сейсмостойких зданий и сооружений, 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.

Класс уязвимости						Турксибский район	Степень потенциального повреждения -d				
A	B	C	D	E	F		1	2	3	4	5
			•								•
Тип постройки						Железобетонный каркас с кирпичным заполнением (ASD ₇)					

Таблица 1. Итоги расчетов устойчивости зданий для Турксибского района г.Алматы

Как видно из расчетов(таблица 1), в Турксибском 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.

Класс уязвимости						Жетысуский район	Степень потенциального повреждения -d				
A	B	C	D	E	F		1	2	3	4	5

		●	○							●
Тип постройки						Железобетонный каркас с кирпичным заполнением (ASD)				

Таблица 2. Итоги расчетов устойчивости зданий для Жетысуского района г.Алматы

По итогам расчета для Жетысуского 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.

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

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.

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									

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

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).

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

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

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

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).

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						

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

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.

В нижних районах города активность и угроза обрушений намного выше, чем в верхних районах. Объяснить это может карта сейсмического районирования города (Приложение 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 микрорайонирования 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. П. Корчинского, М., 2012);
2. Следует увеличить финансовую базу и численность организации, прерогативой которых является изучение сейсмической активности региона ("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, 2013);

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). 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);
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 (Основы теории сейсмостойкости и сейсмостойкого строительства зданий и сооружений. СПб, 2008. 176 с).

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

Алматы қаласындағы ғимараттар мен құрылыстардың сейсмикалық тербелістеріне тұрақтылығы

Нургуль Бергенева¹, Динислан Даурен²

¹ б.ғ.к., доцент, әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті,
Алматы, Қазақстан, сот. 87017298418, Nurgul.Bergeneva@kaznu.kz
² 2 курс магистранты, әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті,
Алматы, Қазақстан, сот. 87014210398, dinislandauren@gmail.com

Бұл мақалада Алматы қаласында жер сілкіністері жиі болып, халықтың өмірі мен денсаулығына қауіп болып табылатындықтан ғимараттардың тұрақтылығына баға берілген. 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 болатыны көрсетілді. Есептеулер қорытындыларына сәйкес, құрылыс сапасы үшін жауапты жобалау ұйымдарының санын көбейтілу және қаланың түрлі бөліктеріндегі ғимараттар салу үшін түрлі құрылымын және тәсіл пайдалану қажеттілігі жазылған.

Түйінді сөздер: сейсмикалық қауіпсіздік, жер сілкінісі, құрылыс.

Stability of buildings and structures to seismic fluctuations in the city of Almaty

Nurgul Bergeneva¹, Dinislan Dauren²

¹candidate of biological Sciences, associate professor, Al-Farabi Kazakh National University,
Almaty, Kazakhstan, 87017298418, Nurgul.Bergeneva@kaznu.kz
²Master of 2 course, Al-Farabi Kazakh National University,
Almaty, Kazakhstan, 87014210398, dinislandauren@gmail.com

In this paper, the assessment of the stability of buildings and structures for seismic fluctuations in the city of Almaty is given, since frequent earthquakes carry a threat to the life and health of the population. This article shows the calculation of the stability levels of buildings in different parts of the city to seismic fluctuations. Data on the levels of design seismic resistance of most of the structures are given, and 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.

Keywords: Seismicity, safety, earthquake, building.

Список использованной литературы:

1. *Алма-Ата. Энциклопедия / Гл. ред. Козыбаев М. К. — Алма-Ата: Гл. ред. Казахской советской энциклопедии, 2003. — С. 265—266. — 608 с. — 60 000 экз.*
2. *Архитектура зданий. Учебник. Вильчик Н. П. 2008.-С.230-240.*
3. *Айзенберг Я.М. Сооружения с выключающимися связями для сейсмических районов. М.: Стройиздат, 2006. 232 с.*
4. *Айзенберг Я.М. Сейсмоизоляция высоких зданий // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. №4, 2007. С. 41-43.*
5. *СНиП II -7-81. Строительство в сейсмических районах. М.: Госстрой России, 2000. 318 с.*
6. *1. Руководство по проектированию сейсмостойких зданий и сооружений, т.1—4, М., 2009—71;*
7. *«Строительные нормы и правила», ч. 2, раздел А, гл. 12.*
8. *Строительство в сейсмических районах, М., 2003;*
9. *Сейсмостойкое строительство зданий, М., 2011;*
10. *Современное состояние теории сейсмостойкости и сейсмостойкие сооружения М., 2007. Уздин А.М. и др.*
11. *Основы теории сейсмостойкости и сейсмостойкого строительства зданий и сооружений. СПб, 2008. 176 с.*
12. *Айзенберг Я.М. Сейсмоизоляция высоких зданий // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. №4, 2007. С. 41-43.*
13. *СНиП II -7- 81. Строительство в сейсмических районах. М.: Госстрой России, 2000. 318с.*
14. *Основы проектирования зданий в сейсмических районах, под ред. И. П. Корчинского, М., 2012;*
15. *СНиП, ч. 2, разд. А, гл. 12.» Строительство в сейсмических районах. Нормы проектирования», М., 2013.*
16. *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.*
17. *TC. (2005). Earthquake Damage Evaluation Data for California (ATC-13) (Report). Redwood, CA: Applied Technology Council.*
18. *Bozorgnia, Y, Bertero, V, "Earthquake Engineering: From Engineering Seismology to Performance-Based Engineering", CRC Press, 2004.*
19. *"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*
20. *"Historic Developments in the Evolution of Earthquake Engineering", illustrated essays by Robert Reitherman, CUREE, 2010, p12.*
21. *Vamvatsikos D., Cornell C.A. (2002). Incremental Dynamic Analysis. Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 31(3): 491–514.*

Приложение 1.

Карта сейсмического районирования города Алматы

