

УДК 699.841

DOI [10.37153/2618-9283-2021-3-49-60](https://doi.org/10.37153/2618-9283-2021-3-49-60)

Мониторинг и паспортизация зданий и сооружений

Вероятностная оценка величин надежности для каркасных зданий по результатам паспортизации с учетом тектонических разломов

Лапин В.А.¹, Алдахов Е.С.¹, Алдахов С.Д.¹, Али А.Б.¹

¹АО «КазНИИСА». Алматы, Республика Казахстан

Аннотация: При бюджетном финансировании в течение двух лет в 2017-2018 годы впервые выполнена тотальная паспортизация жилого фонда многоквартирных зданий. Внесено в базу данных всего 8171 здание, из которых 1847 являются многоэтажными каркасными зданиями различной этажности и конструктивных решений. Установлено, что 1628 каркасных зданий являются сейсмостойкими, 59 зданий с первым гибким этажом являются несейсмостойкими и 160 – находятся в зоне тектонических разломов на территории города. Принята гипотеза, что здания, расположенные в зоне тектонических разломов, будут разрушены. В этих условиях впервые получены количественные оценки величин вероятности отказа и надежности для каркасных зданий различных типов. Учитывается повторяемость землетрясений согласно действующей «Карты сейсмического зонирования Республики Казахстан». Результаты оценок величин надежности и отказа используются для практических рекомендаций по уменьшению риска и ожидаемых потерь при возможных землетрясениях. Предлагается тотальное усиление каркасных зданий с первым гибким этажом (59 зданий). Однако при этом условная вероятность отказа по группе жилых каркасных зданий останется ненулевой. Способ усиления должен определяться по результатам экспериментальных исследований.

Ключевые слова: паспортизация, риск, каркасное здание, каркасно-кирпичное здание, надежность, усиление, повторяемость

Благодарности: Исследование выполнено с использованием средств гранта АР 05130702 Министерства образования и науки Республики Казахстан.

Для цитирования: Лапин В.А., Алдахов Е.С., Алдахов С.Д., Али А.Б. Вероятностная оценка величин надежности для каркасных зданий по результатам паспортизации с учетом тектонических разломов // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2021. № 3. С. 49-60.

DOI: [10.37153/2618-9283-2021-3-49-60](https://doi.org/10.37153/2618-9283-2021-3-49-60)

Monitoring and certification of seismic constructions

Probabilistic estimation of reliability values for frame buildings based on the results of certification taking into account tectonic faults

Lapin V.A.¹, Aldakhov E.S.¹, Aldakhov S.D.¹, Ali A.B.¹

¹KazRDICA JSC, Almaty, Republic of Kazakhstan

@ Лапин В.А., Алдахов Е.С., Алдахов С.Д., Али А.Б., 2021

Abstract: With budget funding for two years in 2017-2018, the total certification of the housing stock of multi-apartment buildings was carried out for the first time. A total of 8,171 buildings were entered into the database, of which 1,847 are multi-storey frame buildings of various storeys and design solutions. It is established that 1628 frame buildings are earthquake-resistant, 59-buildings with the first flexible floor are non-earthquake-resistant and 160-are located in the zone of tectonic faults on the territory of the city. The hypothesis is accepted that buildings located in the zone of tectonic faults will be destroyed. Under these conditions, quantitative estimates of the failure probability and reliability values for frame buildings of various types were obtained for the first time. The frequency of earthquakes is taken into account according to the current "Map of seismic zoning of the Republic of Kazakhstan". The results of the reliability and failure estimates are used for practical recommendations to reduce the risk and expected losses in possible earthquakes. Total reinforcement of frame buildings with the first flexible floors (59 buildings) is proposed. However, the conditional probability of failure for a group of residential frame buildings will remain non-zero. The method of amplification should be determined based on the results of experimental studies.

Keywords: certification, risk, frame building, frame-brick building, reliability, reinforcement, repeatability

Acknowledgements: The research was carried out using the grant AP 05130702 of the Ministry of education and science of the Republic of Kazakhstan.

For citation: Lapin V.A., Aldakhov E.S., Aldakhov S.D., Ali A.B. Probabilistic estimation of reliability values for frame buildings based on the results of certification taking into account tectonic faults. *Seismostoykoe stroitel'stvo. Bezopasnost' sooruzhenii = Earthquake engineering. Constructions safety*. 2021, no. 3, pp. 49-60. (In Russian)

DOI: [10.37153/2618-9283-2021-3-49-60](https://doi.org/10.37153/2618-9283-2021-3-49-60)

Введение

Город Алматы расположен севернее хребта Заилийский Алатау на территории выноса рек Большой и Малой Алматинки, а также примыкающей к ним территории наклонной равнины. Территория города в настоящее время превышает 300 км² и его население уже превышает 2 млн. человек.

Территория города расположена в зоне возможных очагов землетрясений (зоны ВОЗ) с магнитудой 7,1 и более. На территории города находятся многочисленные тектонические разломы. Сильные землетрясения могут вызвать на поверхности грунта остаточные деформации, обвалы, оползни, сели и сейсмические воздействия с интенсивностью проявления свыше 9 баллов. Все это наблюдалось при сильнейших землетрясениях в 1887-1911 годах (Верненское 1887 года, Чиликское 1889 года и Кебинское (Кеминское) 1911 года) [1-3].

В городе Алматы расположено большое количество каркасных зданий, возведенных в последние 30-35 лет. Это пятиэтажные каркасные жилые дома типовых серий 70с, ВТ, ВП-1, а также девятиэтажные каркасные жилые здания, возведённые по типовой серии СЖКУ-9.

Применение каркасных зданий в сейсмических районах обусловлено их хорошей сопротивляемостью сейсмическим воздействиям при землетрясениях. Было установлено, что

если каркасные здания запроектированы с соблюдением принципов сейсмостойкого строительства, то сейсмостойкость таких зданий не вызывает сомнения [1,3,4].

Практически во всех каркасных зданиях применялись сборные перекрытия из железобетонных плит с пустотами и обвязками из монолитного железобетона. В качестве ограждающих конструкций в зданиях высотой до пяти этажей в основном применялся кирпич, высотой более пяти этажей – навесные сборные керамзитобетонные панели. Высота жилых каркасных зданий варьируется в пределах от 4 до 9 этажей.

Кроме указанных конструктивных типов, в застройке города Алматы присутствуют также каркасные здания с первым гибким этажом, с диафрагмами и ядрами жесткости, различного рода безригельные системы.

Здания с первым гибким этажом весьма уязвимы при землетрясениях. На основе анализа последствий сильных землетрясений установлено, что главной причиной разрушения таких зданий является потеря устойчивости стоек из-за больших перемещений при сильных сейсмических событиях.

В 2017-2018 годы в городе Алматы проведена значительная работа по тотальной паспортизации многоквартирного жилого фонда [5-10], по результатам которой была создана база данных с электронными паспортами обследованных зданий.

Ниже проводятся оценки надежности и риска таких зданий с использованием результатов паспортизации. Количественные данные по оценкам отказа и надежности каркасных зданий для города Алматы получены впервые.

1. Методы и объекты

1.1. Многоквартирные 5-этажные каркасно-кирпичные жилые дома серии 70с

Жилые дома серии 70с по конструктивной системе относятся к зданиям со сборно-монолитным железобетонным рамно-связевым каркасом.

Размеры поперечного сечения колонн – 50 х 30 см. Размеры поперечного сечения продольных ригелей – 40 х 50 (h) см. Размеры поперечного сечения поперечных ригелей – 50 х 22 (h) см. Класс бетона монолитных железобетонных колонн и ригелей В25.

Диафрагмы жесткости в уровне подвала – сборные железобетонные толщиной 160 мм. Класс бетона диафрагм жесткости В20. Диафрагмы жесткости в уровне 1-5-го этажей – сборные керамзитобетонные толщиной 160 мм. Класс бетона диафрагм жесткости В20.

В уровне технического этажа поперечные ригели и диафрагмы жесткости отсутствуют.

1.2. Многоквартирные 5-этажные каркасно-кирпичные жилые дома серии ВП-1 и ВТ

Жилые дома серии ВП-1 и ВТ по конструктивной системе относятся к зданиям со сборно-монолитным железобетонным рамным каркасом (сетка колонн 3,5х5,4 м и 4,0х6,0 м соответственно). Колонны каркасов в этих сериях выполняются из монолитного железобетона, ригели из сборного железобетона. Все соединения элементов каркасов выполняются путем ванной сварки выпусков арматуры в узлах с последующим их бетонированием.

1.3. Многоквартирные 9-этажные каркасные жилые дома серии СЖКУ-9

Жилые дома серии СЖКУ-9 по конструктивной системе относятся к зданиям со сборным железобетонным рамным пространственным каркасом. Рамные конструкции каркаса расположены в продольном и поперечном направлениях здания. Несущими конструкциями служат поперечные рамы, выполненными из сборных железобетонных укрупненных Ж-образных полурам с поярусной разрезкой колонн на участках наименьших усилий от горизонтальных сейсмических сил, стыки ригелей в среднем пролете выполнены на сварке металлических накладок («рыбок») к металлическим оголовникам ригелей.

В продольном направлении поперечные рамы соединены ригелями продольных рам. Соединения колонн и ригелей продольных рам выполнены на сварке накладок («рыбок»), привариваемых к металлическим оголовникам консолей колонн и ригелей.

1.4. Тектонические разломы в Алматы

Территория г. Алматы расположена в пределах депрессии (впадины) со сложной поверхностью фундамента палеозойских скальных пород с максимальной глубиной погружения 3200-3800 м. Наиболее крутой южный борт депрессии имеет глубину залегания отложений палеозоя от 0 м (выход на поверхность на склонах Заилийского Алатау) до 2600 м. Сравнительно пологий северный борт депрессии характеризуется глубиной фундамента от 1800 м на северо-западе до 2200 м на северо-востоке. Осадочный чехол сложен терригенными отложениями, значительную часть которых на южном борту впадины в пределах города составляют крупнообломочные породы конусов выноса горных рек [2].

Форма круто возвышающейся к югу поверхности фундамента осложнена серией субпараллельных и пересекающихся тектонических разломов. Так как южный борт впадины и северные склоны Заилийского Алатау, по-видимому, являются границей между асейсмическим Казахским щитом и высокосейсмичным Тянь-Шанем, то вследствие субдукционного поддвигания Казахского щита под Тянь-Шань все субширотные разломы имеют крутое падение с ориентацией на юг. Все разломы на уровне фундамента выделены детальными площадными сейсморазведочными наблюдениями и независимо подтверждены материалами высокоточного нивелирования на дневной поверхности. При этом величина смещения по разломам на фундаменте, по данным сейсморазведки, составляет от 100 до 300 м.

На основании всех имеющихся результатов изучения тектонического строения депрессии в г. Алматы и на прилегающих территориях общей площадью 420 км² выделены линейные зоны возможного проявления разломов на дневной поверхности, которые показаны на Карте комплексного сейсмического микрорайонирования г. Алматы. Ширина зон разломов установлена с определенной долей условности и в среднем составляет 300 м. Таким образом, общая площадь зон разломов при их суммарной длине около 110 км составляет 3750 га или 37,5 км².

Согласно требованиям республиканских старых строительных норм СН РК Б.2.2-9-95 «Застройка г. Алматы с учетом сейсмического микрорайонирования», строительных норм 2006 года в зонах возможного проявления тектонических разломов на дневной поверхности размещение зданий и сооружений не допускалось. Тем не менее, более 50% территории, расположенной в зонах разломов, было застроено ранее как индивидуальной жилой застройкой, так и высотными жилыми, общественными и административными зданиями. Такая практика и сложившаяся ситуация создают настоящую угрозу наиболее вероятного разрушения этих зданий при сильных землетрясениях, т.к. они были построены и продолжают строиться без применения повышенных конструктивных мер безопасности.

На рис.1-3 представлены архивные фотографии по историческим землетрясениям, показывающие возможные деформации земной поверхности вблизи тектонических разломов [3].

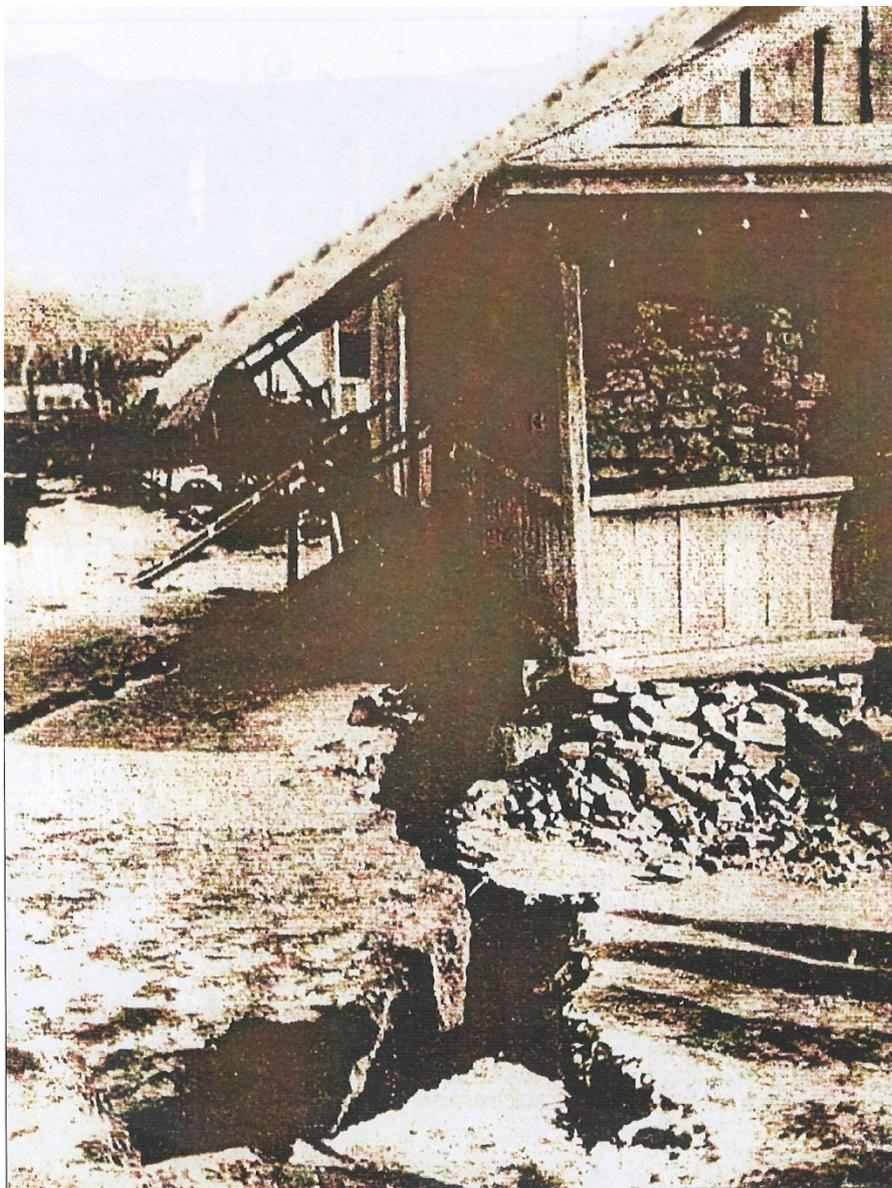


Рисунок 1 – Последствия Кеминского землетрясения на территории г. Верный (ныне Алматы). При землетрясении в грунте образовалась обширная трещина, вызвавшая разрушение фундамента здания

Figure 1 – Consequences of the Kemin earthquake on the territory of the city of Verny (now Almaty). During the earthquake, an extensive crack was formed in the ground, which caused the destruction of the building's foundation



Рисунок 2 – Последствия Кеминского землетрясения на территории г. Верный. На фото показаны обширные трещины в грунте в северо-восточной части территории города. Ширина раскрытия трещин достигает 100 см, а глубина в отдельных случаях до 500 см.

Figure 2 – Consequences of the Kemin earthquake on the territory of the city of Verny. The photo shows extensive cracks in the ground in the northeastern part of the city. The crack opening width reaches 100 cm, and the depth in some cases up to 500 cm.

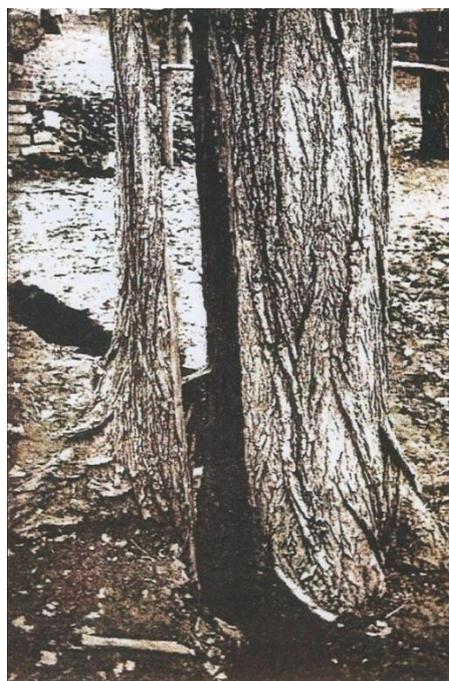


Рисунок 3 – Последствия Кеминского землетрясения на территории г. Верный. На фото показано дерево диаметром до 0.5 м, разорванное вдоль на высоту до 3.5 м трещиной, образовавшейся в грунте

Figure 3 – Consequences of the Kemin earthquake on the territory of the city of Verny. The photo shows a tree with a diameter of up to 0.5 m, torn along to a height of 3.5 m by a crack formed in the ground

2. Результаты

В таблице 1 приведены результаты паспортизации по группе каркасных зданий. Не сейсмостойкими здесь являются каркасно-кирпичные здания с первым гибким этажом. Это 4% от всего количества каркасных зданий. Поэтому группа каркасных зданий в целом соответствует нормам сейсмостойкого строительства и представляется достаточно безопасной для проживания.

Однако, рассматриваем самый пессимистический случай, что здания, расположенные в зонах городских тектонических разломов, неизбежно будут разрушены. Это последний столбец из таблицы 1. Всего таких каркасных зданий 160. С учетом заведомо не сейсмостойких зданий, сейсмостойких зданий оказывается 1628.

Следовательно, общая надежность группы каркасных жилых зданий с учетом расположенных на тектонических разломах, но без разделения на серии составит $W=1628/1847=0,881$.

Таблица 1 – Многоквартирные каркасные жилые дома по сериям
 Table 1 - Multi-apartment frame residential buildings by series

№	Серии каркасных зданий	Количество зданий	Сейсмостойкие здания	Не сейсмостойкие здания – здания с первым гибким этажом	Здания в зоне тектонических разломов
1	ВП	575	515	13	47
2	ВТ	235	187	11	37
3	70С	18	17	-	1
4	ИПкар	1006	900	32	74
5	СЖКУ-9	13	9	3	1
	Всего	1847	1628	59	160

Интересно отметить, что гипотеза разрушения зданий, расположенных на тектонических разломах значительно влияет на оценки надежности и сейсмостойкости. Расположение здания в зоне разлома это дополнительный поражающий фактор. Конечно, априори нельзя сказать с достоверностью о влиянии тектонического разлома на прочность и надежность здания. Однако запрещение строительства любых типов зданий вблизи разломов свидетельствует в пользу нашей гипотезы.

На уникальных архивных фотографиях (рис.1-3) показано, какие трещины могут возникать на дневной поверхности при сильных землетрясениях. Особенно показателен рис.3, когда трещина расколола достаточно податливое дерево высотой до 3,5 м.

3. Обсуждение

Отказ Q здесь событие, состоящее в том, что при землетрясении интенсивностью 9 баллов степень повреждения объекта будет такой, при которой будет исключено его дальнейшее функционирование. Отнесение здания к классу не сейсмостойких при паспортизации выполняется группой экспертов, которые на основе предыдущего опыта и объективной информации относят его к указанному классу.

Таким образом, также реализуем пессимистический сценарий – к несейсмостойким относим все здания с первым гибким этажом и здания, расположенные в зоне тектонических разломов (таблица 1).

Далее учитывается вероятность отказа зданий с учетом разделения на серии и с учетом повторяемости землетрясений.

Учитываем результаты «Карты сейсмического зонирования территории Республики Казахстан». Реализуется схема или землетрясение с повторяемостью 1 раз в 475 лет, или 1 раз – в 2475 лет. Срок службы здания принят 50 лет.

Отметим, что здания серии СЖКУ-9 оказались наиболее ненадежными при разделении на серии (таблица 2).

В последней строке таблицы 2 приведены суммарные вероятности отказов по всем каркасным зданиям $Q_{475}=0,0818$ и $Q_{2475}=0,0156$.

Таблица 2 – Характеристики вероятности отказа Q для каркасных зданий
 Table 2 – Characteristics of the probability of failure Q for frame buildings

№	Конструктивное решение	Величина отказа по типам каркасным зданиям	Величины отказа при повторяемости 475лет	Величина отказа при повторяемости 2475 лет
1	ВП	0,1043	0,0109	0,0021
2	ВТ	0,2043	0,0215	0,0041
3	70С	0,0556	0,0059	0,0011
4	ИПкар	0,1054	0,0111	0,0021
5	СЖКУ-9	0,3077	0,0324	0,0062
	Итого		0,0818	0,0156

Тогда общая величина $Q_{кар}=Q_9 P_{475} + Q_9 P_{2475}$.

Тогда величина общей надежности по группе каркасных жилых зданий с учетом разделения на серии

$$W_{кар} = 1 - 0,0818 - 0,0156 = 0,9026 \quad (1)$$

Полученная величина общей надежности $W_{кар}$ есть объективная количественная характеристика состояния группы каркасных многоэтажных жилых зданий в г. Алматы с учетом повторяемости сейсмического воздействия и возможности разрушения зданий, расположенных на тектонических разломах. Дальнейшие действия могут изменять указанную величину $W_{кар}$.

Напрашивается интересный вывод. Если усилить все здания с первым гибким этажом – 59 зданий, то в этом случае по всем типам каркасных зданий вероятность отказа останется ненулевой за счет разрушения зданий, расположенных на тектонических разломах.

Следует отметить, что вероятность отказа может быть также определена с помощью других методов определения вероятности отказа и надежности [11-22], разработанных отечественными и зарубежными специалистами.

В заключение необходимо сказать, что в городе Алматы имеется четыре каркасных здания на сейсмоизолирующих кинематических фундаментах [23]. В дальнейшем можно применять и другие сейсмоизолирующие системы [24-26].

4. Выводы

1. Установлено, что 1628 каркасных жилых зданий являются сейсмостойкими, 59 – зданий с первым гибким этажом являются не сейсмостойкими и 160 – находятся в зоне тектонических разломов на территории города.

2. Каркасные здания с «первыми гибкими этажами» не соответствуют требованиям действующих норм и являются сейсмоопасными. Здания с первыми гибкими этажами требуют детального обследования с расчетно-аналитической оценкой несущей способности конструкций и разработке рекомендаций по способу усиления.

3. Здания серии СЖКУ-9 являются наиболее ненадежными при разделении на серии.

4. Получены вероятностные оценки надежности каркасных зданий по результатам паспортизации как с учетом повторяемости землетрясений, так и без нее.

Список литературы

1. Жунусов Т.Ж. Основы сейсмостойкости сооружений. Алматы: РАУАН, 1990. 272 с.
2. Белослюдцев В.М. Изучение зон разломов г. Алматы с целью их строительного освоения // Исследование сейсмостойкости сооружений и конструкций. 2001, вып.20 (30). С.35-37.
3. Таубаев А.С. Аналитическая записка о сейсмическом режиме города Алматы и сейсмостойкости его застройки. Алматы: КазНИИСА. 2008. 28 С.
4. Жунусов Т.Ж., Пак Э.Ф., Лапин В.А. Сейсмостойкость каркасных зданий. Алматы: Гылым. 1990. 175 с.
5. Лапин В.А., Алдахов Е.С., Алдахов С.Д., Али А.Б. Вероятностная оценка величин надежности и риска по результатам паспортизации // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2020. №3. С.53-68. doi 10.37153/2618-9283-2020-3-53-68
6. Лапин В.А., Ержанов С.Е. Проблемы определения сейсмического риска для населенных пунктов Республики Казахстан // Вестник АО КазНИИСА. 2016, вып.7. С.20-24.
7. Лапин В.А., Ержанов С.Е. Алгоритмы определения сейсмического риска для зданий и сооружений в Республике Казахстан // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2017. №3. С.31-39.
8. Алдахов Е.С. Способы оценки сейсмического риска применительно к мегаполису города Алматы // Вестник АО КазНИИСА. 2019, вып.7.(95). С.35-46.
9. Тулеев Т.Д., Алдахов С.Д., Алдахов Е.С., Битимбаев А.Т., Али А.Б., Тажикенов А.Б., Лободрыга Т.Д. Паспортизация объектов недвижимости города Алматы // Вестник АО КазНИИСА. 2018, вып.2.(78). С.6-10.
10. Шокбаров Е.М. Паспортизация зданий и сооружений города Алматы // Вестник АО КазНИИСА. 2020, вып.1(1-3).С.93-96.
11. Хакимов Ш.А. Некоторые вопросы оценки сейсмического риска и антисейсмического усиления зданий // Исследование сейсмостойкости сооружений и конструкций. 2001, вып.20(30). С.167-184.
12. Райзер В.Д. Теория надежности сооружений. М.: Издательство «АСВ». 2010. 384 с.
13. Сейсмический риск и инженерные решения. Сб. статей / Под ред. Ломнитц У., Розенблют Э. М.: Наука. 1981. 86 с.
14. Джинчвелашвили Г.А., Дзержинский Р.И., Денисенкова Н.Н. Количественные оценки сейсмического риска и энергетические концепции сейсмостойкого строительства // Компьютерные исследования и моделирование. 2018. №1.Т.10. С.61-76.
15. Айзенберг Я.М. Модели сейсмического риска и методологические проблемы планирования мероприятий по смягчению сейсмических бедствий // Сейсмостойкое

строительство. Безопасность сооружений. 2004. №6.С.31-37.

16. Кофф Г.Л., Гусев А.А., Воробьев Ю.Л., Козьменко С.Н. Оценка последствий чрезвычайных ситуаций. М.:ИПК РЭФИА. 1998. 364 с.

17. Напетваридзе Ш.Г. Вероятностные задачи инженерной сейсмологии и теории сейсмостойкости. Издательство «Мецниереба», Тбилиси.1985.110 с.

18. Liu Xiao-Xiao, Wang Yuan-Sheng. A New Formulation on Seismic Risk Assessment for Reinforced Concrete Structures with Both Random and Bounded Uncertainties. *Discrete dynamiks in Nature&Society*, 11(1)2018, pp.1-15. DOI:10.1155/2018/5027958.

19. Fathi-Fazi Reza, Jacques Eric, Cai Zhen, Kadhom Bessam. Development of a preliminary seismic risks creening tool for existing building in Canada. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 2018, vol.45 Issue 9, pp.717-727. DOI:10.1139/cjce-2017-0504

20. Bunea Geordina, Doniga Cornel, Atanasiu Gabriela M. Study Concerning the Level of Seismic Risk in Iasi Manicipality. *Advanced Engineering Forum*. 2017, Vol.21, pp.86-93. DOI 10.4028/www.scientific.net/AEF.21.86.

21. Ahmad Naveed, Ali Qaisar, Adil Muhammad, Khan Akhtar Naeem. Developing Seismic Risk Prediction Functions for Structures. *Shock&Vibration*. 4/29/2018, pp.1-22. DOI:10.1155/2018/4186015.

22. Hare H. John. A different way of thinking about seismic risk: a call for debate. *Bulletin of the New Zealand Society for Earthquake Engineering*, Sep.2019, Vol.52, Issue 3, pp.141-149. DOI:10.5459/BNZSEE.52.3.141-149

23. Lapin V. A., Yerzhanov S. Y., Aldakhov Y. S. (2020). Statistical modeling of a seismic isolation object under random seismic exposure *Journal of Physics: Conference Series* 1425 012006 doi:10/1088/1742-6596/1425/1/012006

24. Dyrda V., Kobets A., Bulat I., Lapin V., Lysytsia N., Ahaltsov H., Sokol S. (2019). Vibroseismic protection of heavy mining machines, buildings and structures. *E3S Web of Conferences*, 109, 00022. <http://doi.org/10.1051/e3sconf/201910900022>

25. Bulat A. F., Dyrda V. I., Lysytsya M. I., Grebenyuk S. M. (2018). Numerical Simulation of the Stress-Strain State of Thin-Layer Rubber-Metal Vibration Absorber Elements Under Nonlinear Deformation. *Strength of Materials*, 50(3), pp. 387–395. <http://doi.org/10.1007/s11223-018-9982-9>

26. Bulat A. F., Dyrda V. I., Grebenyuk S. N., Klimenko M. I. (2019). Determination of effective characteristics of the fibrous viscoelastic composite with transversal and isotropic components. *Strength of Materials*, 51(2), pp.183-192. <https://doi.org/10.1007/s11223-019-00064-x>

References

1. Zhunusov T.Zh. Osnovy seismostoikosti sooruzhenii. Almaty: RAUAN. 1990. 272 p. (In Russian)
2. Beloslyudtsev V.M. Izuchenie zon razlomov g.Almaty s tseliu ikh stroitel'nogo osvoeniia. Issledovanie seismostoikosti sooruzhenii i konstruktсии». 2001, vyp. 20 (30), pp.35-37. (In Russian)
3. Taubaev A.S. Analiticheskaya zapiska o seismicheskom rezhime goroda Almaty i seismostoikosti ego zastroiki. Almaty: KazNIISA, 2008. 28 p. (In Russian)
4. Zhunusov T. Zh., Pak E.F., Lapin V.A. Seismostoikost karkasnykh zdanii. Almaty: Gylym, 1990. 175 p. (In Russian)
5. Lapin V.A., Aldakhov E.S., Aldakhov S.D., Ali A.B. Veroyatnostnaya otsenka velichin nadezhnosti i riska po rezul'tatam pasportizatsii. Seismostoikoe stroitel'stvo. Bezopasnost' sooruzhenii. 2020, no.3, pp.53-68. doi 10.37153/2618-9283-2020-3-53-68 (In Russian)
6. Lapin V.A., Erzhanov S.E. Problemy opredeleniia seismicheskogo riska dlia naselennykh punktov Respubliki Kazakhstan. Vestnik AO KazNIISA. 2016, vyp.7, pp.20-24. (In Russian)

7. Lapin V.A., Erzhanov S.A. Algoritmy opredeleniia seismicheskogo riska dlya zdanii i sooruzhenii v Respublike Kazakhstan. Seismostoiikoe stroitel'stvo. Bezopasnost' sooruzhenii. 2017, no.3, pp.31-39. (In Russian)
8. Aldakhov E.S. Sposoby otsenki seismicheskogo riska primenitel'no k megapolisu goroda Almaty. Vestnik AO KazNIISA. 2019, vyp.7 (95), pp.35-46. (In Russian)
9. Tuleev T.D., Aldakhov S.D., Aldakhov E.S., Bitimbaev A.T., Ali A.B., Tazhikenov A.B., Lobodryga T.D. Paspportizatsia ob'ektov nedvizhimosti goroda Almaty. Vestnik AO KazNIISA. 2018, vyp.2 (78), pp.6-10. (In Russian)
10. Shokbarov E.M. Paspportizatsiya zdaniy i sooruzhenij goroda Almaty`. – «Vestnik AO KAZNIISA», 2020 g., vy`p.1(1-3).- S.93-96. (In Russian)
11. Khakimov Sh.A. Nekotorye voprosy otsenki seismicheskogo riska i antiseismicheskogo usileniia zdanii. Issledovanie seismostoiikosti sooruzhenii i konstruksii. 2001, vyp.20 (30), pp.167-184. (In Russian)
12. Raizer V.D. Teoriia nadezhnosti sooruzhenii. M.: Izdatelstvo «ASV», 2010, 384 p. (In Russian)
13. Seismicheskii risk i inzhenernye resheniia. Sb. statei. Pod red. Lomnitz U., Rozenblyut E. M.: Nauka, 1981, 86 p. (In Russian)
14. Dzhinchvelashvili G.A., Dzerzhinskii R.I., Denisenkova N.N. Kolichestvennye otsenki seismicheskogo riska i energeticheskie konceptsii seismostoiikogo stroitelstva. Kompiuternye issledovaniia i modelirovanie. 2018, t.10, no.1, pp.61-76. (In Russian)
15. Eizenberg Ya.M. Modeli seismicheskogo riska i metodologicheskie problemy planirovaniia meropriyatii po smiagcheniiu seismicheskikh bedstvi. Seismostoiikoe stroitel'stvo. Bezopasnost' sooruzhenii. 2004, no.6, pp.31-37. (In Russian)
16. Koff G.L., Gusev A.A., Vorob'ev Yu.L., Kozmenko S.N. Otsenka posledstviia chrezvychainykh situatsii. M.: IPK REFIA, 1998, 364 p. (In Russian)
17. Napetvaridze Sh.G. Veroyatnostnye zadachi inzhenernoi seismologii i teorii seismostoiikosti. Izdatelstvo «Meczniereba», Tbilisi.1985,110 p. (In Russian)
18. Liu Xiao-Xiao, Wang Yuan-Sheng A. New Formulation on Seismic Risk Assessment for Reinforced Concrete Structures with Both Random and Bounded Uncertainties. Discrete dynamics in Nature&Society, 11(1)2018, pp.1-15. DOI:10.1155/2018/5027958.
19. Fathi-Fazi Reza, Jacques Eric, Cai Zhen, Kadhom Bessam. Development of a preliminary seismic risks creening tool for existing building in Canada. Canadian Journal of Civil Engineering, 2018, vol.45 Issue 9, pp. 717-727. DOI:10.1139/cjce-2017-0504
20. Bunea Geordina, Doniga Cornel, Atanasiu Gabriela M. Study Concerning the Level of Seismic Risk in lasi Manicipality. Advanced Engineering Forum. 2017, Vol.21, pp. 86-93. DOI 10.4028/www.scientific.net/AEF.21.86.
21. Ahmad Naveed, Ali Qaisar, Adil Muhammad, Khan Akhtar Naeem. Developing Seismic Risk Prediction Functions for Structures. Shock&Vibration. 4/29/2018, pp.1-22. DOI:10.1155/2018/4186015.
22. Hare H. John. A different way of thinking about seismic risk: a call for debate. Bulletin of the New Zealand Society for Earthquake Engineering, Sep. 2019, Vol.52 Issue 3, pp.141-149. DOI:10.5459/BNZSEE.52.3.141-149
23. Lapin V. A., Yerzhanov S. Y., Aldakhov Y. S. (2020) Statistical modeling of a seismic isolation object under random seismic exposure. Journal of Physics: Conference Series 1425 012006 doi:10/1088/1742-6596/1425/1/012006
24. Dyrda V., Kobets A., Bulat I., Lapin V., Lysytsia N., Ahaltsov H., Sokol S. (2019) Vibroseismic protection of heavy mining machines, buildings and structures. E3S Web of Conferences, 109, 00022. <http://doi.org/10.1051/e3sconf/201910900022>
25. Bulat A. F., Dyrda V. I., Lysytsya M. I., Grebenyuk S. M. (2018) Numerical Simulation of the Stress-Strain State of Thin-Layer Rubber-Metal Vibration Absorber Elements Under Nonlinear Deformation. Strength of Materials, 50(3), pp. 387–395. <http://doi.org/10.1007/s11223-018-9982-9>
26. Bulat A. F., Dyrda V. I., Grebenyuk S. N., Klimenko M. I. (2019). Determination of effective characteristics of the fibrous viscoelastic composite with transversal and isotropic components. Strength of Materials, 51(2), pp. 183-192. <https://doi.org/10.1007/s11223-019-00064-x>

Сведения об авторах / Information about the authors

Лапин Владимир Алексеевич, кандидат технических наук, Директор Центра научных исследований строительной отрасли, ученый секретарь, член-корреспондент НИА РК и МИА, академик Казахской академии архитектуры и строительных наук, АО «КазНИИСА». Алматы, Республика Казахстан lapin_1956@list.ru

Алдахов Еркин Серикович, Директор Центра сейсмостойкости, обследования зданий и сооружений, АО «КазНИИСА». Алматы, Республика Казахстан ealdakhov@kazniisa.kz

Алдахов Серик Джумаханович, заведующий лабораторией системного анализа последствий землетрясений, стихийных бедствий и сейсмического мониторинга АО «КазНИИСА». Алматы, Республика Казахстан saldakhov@kazniisa.kz

Али Алимжан, ведущий инженер лаборатории системного анализа последствий землетрясений, стихийных бедствий и сейсмического мониторинга, АО «КазНИИСА». Алматы, Республика Казахстан aali@kazniisa.kz

Lapin Vladimir A., Candidate of Technical Sciences, Director of the Center for Scientific Research of the Construction Industry, Scientific Secretary, Corresponding member of the NIA RK and MIA, academician of the Kazakh Academy of Architecture and Construction Sciences, KazRDICA JSC. Almaty, Republic of Kazakhstan lapin_1956@list.ru

Aldakhov Yerkin S., Director of the Center for Earthquake Resistance, Inspection of Buildings and Structures, KazRDICA JSC. Almaty, Republic of Kazakhstan ealdakhov@kazniisa.kz

Aldakhov Serik D., Head of the Laboratory for System Analysis of the consequences of Earthquakes, Natural Disasters and Seismic Monitoring KazRDICA JSC. Almaty, Republic of Kazakhstan saldakhov@kazniisa.kz

Ali Alimzhan, Leading Engineer of the Laboratory for System Analysis of the consequences of Earthquakes, Natural Disasters and Seismic Monitoring, KazRDICA JSC». Almaty, Republic of Kazakhstan aali@kazniisa.kz

Поступила в редакцию / Received – 27.04.2021

Поступила после рецензирования и доработки / Revised – 27.05.2021

Принята к публикации / Accepted – 11.06.2021