

УДК 699.841

DOI [10.37153/2618-9283-2021-4-50-63](https://doi.org/10.37153/2618-9283-2021-4-50-63)

### ***Мониторинг и паспортизация зданий и сооружений***

**Вероятностная оценка величин надежности и отказа для  
монолитных зданий по результатам паспортизации**

Лапин В.А.<sup>1</sup>, Алдахов Е.С.<sup>1</sup>, Алдахов С.Д.<sup>1</sup>, Али А.Б.<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>АО «КазНИИСА». Алматы, Республика Казахстан

**Аннотация:** В 2017-2018 годы впервые выполнена тотальная паспортизация жилого фонда многоквартирных зданий города Алматы. По результатам паспортизации внесено в базу данных всего 8171 зданий, из которых 1425 являются многоэтажными монолитными зданиями различной этажности и конструктивных типов. Выявлено также, что 1305 монолитных зданий являются сейсмостойкими, 27 – несейсмостойкими и 93 – находятся в зоне тектонических разломов на территории города. Для дальнейших исследований представляется полезным принять пессимистическую гипотезу о том, что здания, расположенные в зоне тектонических разломов, будут разрушены. В этих условиях впервые получены количественные оценки величин вероятности отказа и надежности для монолитных зданий с учетом местных особенностей сейсмического воздействия для города Алматы. Подтверждена высокая сейсмостойкость монолитных зданий. Установлено, что при учете влияния тектонических разломов вероятность отказа монолитного здания увеличивается более чем в 4 раза. Учитывается повторяемость землетрясений согласно действующей «Карты сейсмического зонирования Республики Казахстан». Способы усиления монолитных зданий должны быть индивидуальными и определяться по результатам экспериментальных исследований.

**Ключевые слова:** паспортизация, риск, монолитное здание, здание с ядром жесткости, надежность, усиление, повторяемость

**Для цитирования:** Лапин В.А., Алдахов Е.С., Алдахов С.Д., Али А.Б. Вероятностная оценка величин надежности и отказа для монолитных зданий по результатам паспортизации // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2021. №4. С. 50-63  
DOI: [10.37153/2618-9283-2021-4-50-63](https://doi.org/10.37153/2618-9283-2021-4-50-63)

**Благодарности:** Исследования проводились с использования средств гранта АР 05130702 Министерства образования и науки Республики Казахстан.

### ***Monitoring and certification of seismic constructions***

**Probabilistic estimation of reliability and failure values for  
monolithic buildings based on the results of certification**

Lapin V.A.<sup>1</sup>, Aldakhov E.S.<sup>1</sup>, Aldakhov S.D.<sup>1</sup>, Ali A.B.<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>KazRDICA JSC, Almaty, Republic of Kazakhstan

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

**Abstract:** In 2017-2018, the total certification of the housing stock of multi-apartment buildings in Almaty was carried out for the first time. According to the results of certification, a total of 8,171 buildings were entered into the database, of which 1,425 are multi-storey monolithic buildings of various storeys and structural types. It was also revealed that 1305 monolithic buildings are earthquake-resistant, 27 – non-earthquake-resistant and 93 are located in the zone of tectonic faults on the territory of the city. Therefore, it is useful to accept the pessimistic hypothesis 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 monolithic buildings were obtained for the first time. The high earthquake resistance of monolithic buildings has been confirmed. It is established that when taking into account the influence of tectonic faults, the probability of failure of a monolithic building increases by more than 4 times. The frequency of earthquakes is taken into account according to the current "Map of seismic zoning of the Republic of Kazakhstan". Methods of strengthening monolithic buildings should be individual and determined by the results of experimental studies.

**Keywords:** certification, risk, monolithic building, building with a core of rigidity, reliability, reinforcement, repeatability

**For citation:** Lapin V.A., Aldakhov E.S., Aldakhov S.D., Ali A.B. Probabilistic estimation of reliability and failure values for monolithic buildings based on the results of certification. *Seismostoykoe stroitel'stvo. Bezopasnost' sooruzhenii = Earthquake engineering. Constructions safety*. 2021, no. 4, pp. 50-63. (In Russian)

DOI: [10.37153/2618-9283-2021-4-50-63](https://doi.org/10.37153/2618-9283-2021-4-50-63)

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

## 1. Введение

Территория города Алматы 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]. На территории города имеются многочисленные тектонические разломы. Прилавки (высокие предгорья) города относятся к десятибалльным зонам.

Монолитные конструкции зданий для сейсмических районов стали распространяться в 60-70 годы двадцатого века в различных городах бывшего СССР – Алматы, Кишиневе, Тбилиси, Баку, Сочи и т.д. Наибольшее распространение для многоэтажного строительства получили конструктивные схемы с диафрагмами и ядрами жесткости. В городе Алматы были запроектированы и возведены 12-этажные каркасно-панельные здания с ядром жесткости из монолитного железобетона.

Многочисленные экспериментальные исследования и анализ последствий сильных землетрясений выявили высокую надежность монолитных зданий в сложных сейсмических и инженерно-геологических условиях.

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

## 2. Методы и объекты

### 2.1. Конструктивные решения монолитных зданий

Проектирование и возведение многоквартирных жилых домов из монолитного железобетона является одним из широко применяемых экономических направлений современного сейсмостойкого строительства.

Монолитное домостроение обладает следующими преимуществами:

– архитектурно-планировочные возможности домов из монолитного железобетона чрезвычайно разнообразны, позволяя добиваться высокой архитектурной выразительности, возводить оригинальные, неоднородные по форме и структуре, сложные по планировке, высоте и конструктивному решению сооружения;

– здания из монолитного железобетона, наряду с повышенной пластичностью, обладают высокой прочностью, жесткостью и долговечностью, рабочая арматура в таких конструкциях меньше подвержена коррозии, более полно используются прочностные и деформативные характеристики бетона и арматуры;

– дома из монолитного железобетона можно возводить в районах, не имеющих развитой индустриальной базы;

– инвентарные устройства и оборудование, применяемые для возведения монолитных домов, дешевле, не требуют значительных производственных площадей.

В 80-е годы прошлого века в г. Алматы произошел переход от возведения единичных монолитных зданий к строительству крупных архитектурных ансамблей из монолитного железобетона. Для их строительства применяли различные технологические методы: с использованием скользящей, крупнощитовой и объемно-переставной опалубки туннельного типа. Был построен 9-этажный жилой дом из монолитного бетона с применением скользящей опалубки на пересечении пр. Абая и ул. Алтынсарина, затем были построены три 9-этажных жилых дома из монолитного керамзитобетона в скользящей опалубке на ул. Жандосова. После этого были возведены несколько 9- и 12-этажных монолитных зданий из керамзитобетона с использованием скользящей опалубки на улице Жандосова и пр. Достык. Затем было освоено строительство 12- и 16-этажных жилых домов с монолитными ядрами жесткости и сборным железобетонным каркасом.

В 80-х годах было освоено строительство монолитных зданий в объемно-переставной опалубке. Микрорайоны Самал застроены типовыми 9-, 12- и 16-этажными жилыми домами в переставной и скользящей опалубке. В микрорайонах Аксай-1 и Аксай-2 большая часть 12-этажных жилых домов построена из монолитного бетона с использованием переставной и туннельной опалубки.

С обретением независимости Казахстана в г. Алматы начался новый этап строительства многоэтажных монолитных жилых зданий. Эти дома строятся высотой от 12-ти до 23-х этажей по индивидуальным проектам с привлечением частных инвестиций.

В последние годы по госпрограмме «НУР-ЖЕР» широко развернуто строительство социального жилья с возведением многоквартирных жилых домов высотой 5-9 этажей. В настоящее время в городе Алматы имеется несколько сотен многоэтажных многоквартирных жилых домов из монолитного железобетона.

Монолитные многоквартирные жилые дома проектируются и строятся по стеновым, каркасно-стеновым конструктивным системам, в виде каркасов с ядрами жесткости (каркасно-ствольная система), в виде рамно-связевых каркасов.

При проведении работ по паспортизации было проведено визуальное обследование и составлен электронный паспорт на 81 монолитный многоквартирный жилой дом, в том числе:

- в Алмалинском районе – 22 здания,
- в Бостандыкском районе – 3 здания,
- в Медеуском районе – 56 зданий.

Результаты технического обследования с расчетно-аналитическим анализом оценки сейсмостойкости показывают, что монолитные многоквартирные жилые дома с различными объемно-планировочным и конструктивным решениями соответствуют требованиям действующих норм сейсмостойкого строительства [1].

## 2.2. Экспериментальные исследования монолитных зданий в Алматы

Институтом «Алматыгипрогор» при участии Главалматастроа был разработан проект 48-квартирного жилого дома с ядром жесткости для строительства в районах с сейсмичностью 9 баллов. Высота здания 12 этажей. В основу конструктивного решения проекта положен принцип разделения функций несущих элементов зданий. Ядро жесткости из монолитного железобетона должно воспринимать основную часть горизонтальных нагрузок, каркас – вертикальные нагрузки.

Монолитный железобетонный сердечник (ядро жесткости) имеет размеры в плане 5,3x5,3 м с толщиной стен 30 см и возведен с помощью скользящей опалубки. Сборные железобетонные колонны каркаса высотой в 3 этажа имеют сечения 30x30 см.

Фундаменты под зданием комбинированные – под железобетонный сердечник и непосредственно примыкающие стойки запроектирована железобетонная ребристая плита., фундаменты крайних стоек каркаса приняты столбчатыми.

Вибрационным испытаниям здания предшествовали записи его свободных колебаний, вызванные оттяжкой здания тросом. Период свободных колебаний в поперечном направлении составил 0,68 сек, в продольном – 0,71 сек.

На начальных этапах вибрационных испытаний период колебаний зданий в поперечном направлении составлял 0,7 сек. На последних этапах испытания, когда прикладывались максимальные динамические нагрузки, период колебания возрастал до 0,96 сек [4].

По результатам испытаний было показано:

- Нелинейная работа конструкций здания с монолитным ядром жесткости;
- Выявлено значительное различие между расчетным и экспериментальным периодом колебаний.

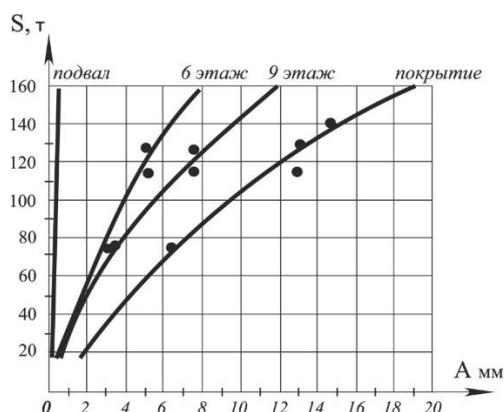


Рисунок 1 – Зависимость силы-перемещения по этапам испытания

Figure 1 – Force-displacement relationship across the test stages

На 16-этажном жилом здании с ядром жесткости в городе Алматы расположена станция инженерно-сейсмометрической службы, которая дала интересную инструментальную информацию при различных землетрясениях [5,6].

Получены инструментальные данные о поведении здания при локальном землетрясении с очагом на территории города (рис.2) или недалеко от него (рис.3). Отмечено отсутствие эффекта резонанса по первой форме колебания. Генерируемые этими очагами землетрясения носят в целом высокочастотный характер.

Отметим, что резонансные колебания здания имели место при удаленном землетрясении 9 августа 2017 года с очагом на территории Китая [7]. Был выявлен период колебания по основному тону 1,44 сек и по второму – 0,43 сек.

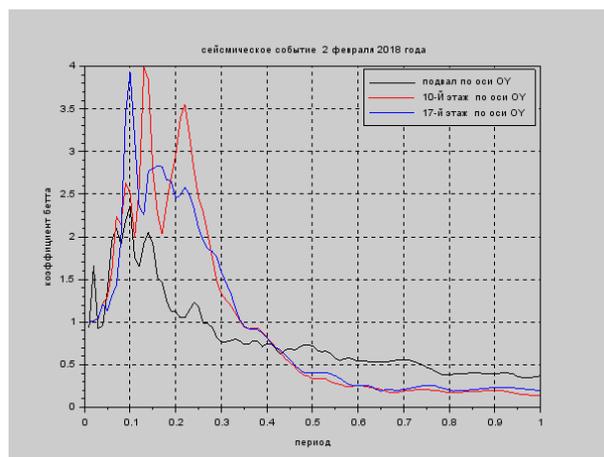


Рисунок 2 – Спектральные кривые сейсмических событий 2 февраля 2018 г. (поэтажные по оси OY)

Figure 2 – Spectral curves of seismic events on February 2, 2018 (floor-by-floor by OY axis)

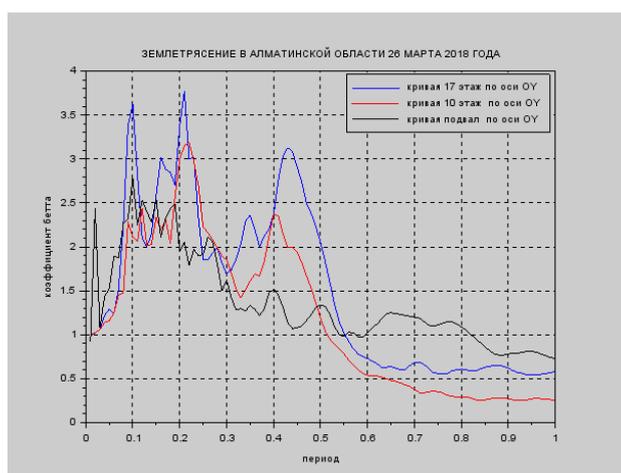


Рисунок 3 – Спектральные кривые сейсмических событий 26 марта 2018 г. (поэтажные по оси OY)

Figure 3 – Spectral curves of seismic events on March 26, 2018 (floor-by-floor along the OY axis)

### 2.3. 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. Южный, наиболее крутой, 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].

На основании всех имеющихся результатов изучения тектонического строения депрессии в г. Алматы и на прилегающих территориях общей площадью 420 км<sup>2</sup> 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 км<sup>2</sup>.

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. 4 - 6 представлены архивные фотографии по историческим землетрясениям, показывающие возможные деформации земной поверхности вблизи тектонических разломов [3].

### 3. Результаты

Результаты паспортизации можно рассматривать как экспериментальную оценку сейсмостойкости зданий с привлечением некоторых дополнительных предпосылок [8-12].

В таблице 1 приведены результаты паспортизации по всем монолитным зданиям. Не сейсмостойких зданий 1,90% от всего количества монолитных зданий. Поэтому группа монолитных зданий представляется достаточно безопасной для проживания.

Однако рассматриваем самый пессимистический случай, состоящий в том, что здания, расположенные в зонах городских тектонических разломов неизбежно будут разрушены. Это последний столбец из таблицы 1. Всего таких монолитных зданий 93. С учетом заведомо не сейсмостойких зданий количество сейсмостойких зданий оказывается равным 1305.

Следовательно, общая надежность группы многоэтажных монолитных зданий с учетом расположенных на тектонических разломах, составит

$$W_{\text{раз}}=1305/1425=0,916. \quad (1)$$

Без учета тектонических разломов

$$W=1398/1425=0,981. \quad (2)$$

Различия между указанными величинами надежности порядка 7%, что достаточно существенно.

Таблица 1. – Многоквартирные монолитные жилые дома

Table 1 – Multi-apartment monolithic residential buildings

№	Количество зданий	Сейсмостойкие здания	Не сейсмостойкие здания	Здания в зоне тектонических разломах
1	1425	1305	27	93

Интересно отметить, что для весьма сейсмостойких монолитных зданий гипотеза неперемещения разрушения зданий, расположенных на тектонических разломах, значительно влияет на оценки надежности и сейсмостойкости. Расположение здания в зоне разлома это дополнительный и очень существенный поражающий фактор. Интересно отметить, что показатели надежности здесь характеризуют также влияние расположения зданий. На разломы могло попасть значительно большее количество зданий или не попасть вовсе. 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. 4-6) показано, какие трещины могут возникать на дневной поверхности при сильных землетрясениях [3]. Особенно показателен рис.4, на котором видно, как трещина расколола достаточно податливое дерево высотой до 3,5 м.



Рисунок 4 – Последствия Кеминского землетрясения на территории г. Верный (ныне Алматы). При землетрясении в грунте образовалась обширная трещина, вызвавшая разрушение фундамента здания

Figure 4 – The consequences of the Kemin earthquake on the territory of Verny (now Almaty). During the earthquake, an extensive crack formed in the ground, causing the destruction of the foundation of the building

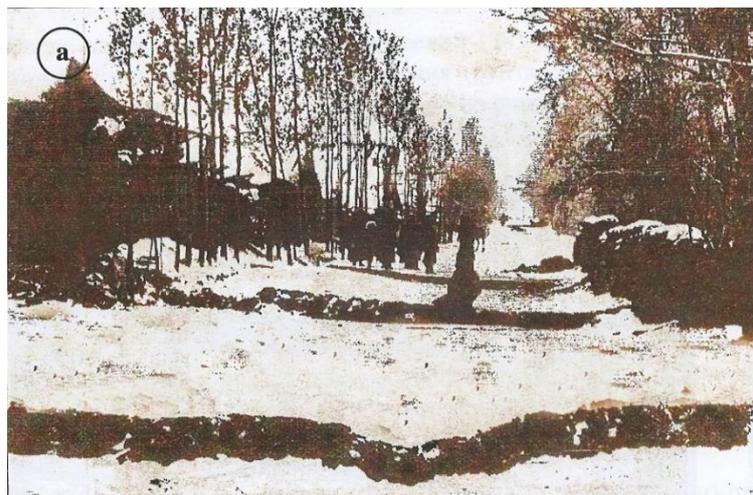


Рисунок 5 – Последствия Кеминского землетрясения на территории г. Верный. На фото показаны обширные трещины в грунте в северо-восточной части территории города. Ширина раскрытия трещин достигает 100 см, а глубина в отдельных случаях до 500 см.

Figure 5 – The consequences of the Kemin earthquake on the territory of Verny. The photo shows extensive cracks in the ground in the north-eastern part of the city. The width of the crack opening reaches 100 cm, and the depth in some cases up to 500 cm.

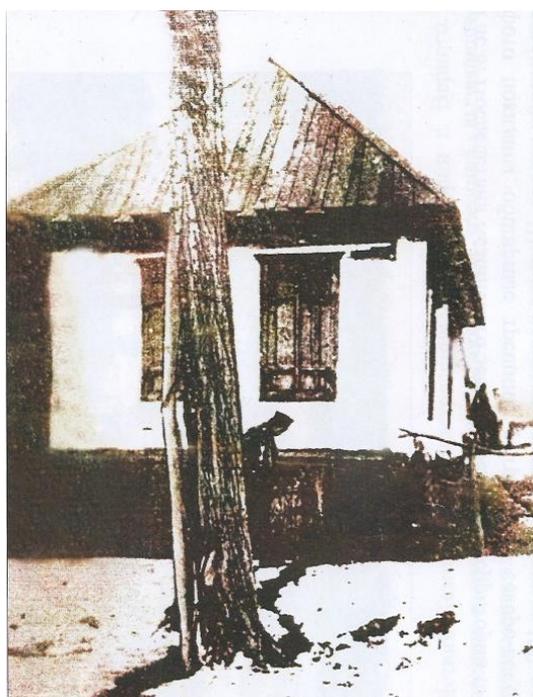


Рисунок 6 – Последствия Кеминского землетрясения на территории г. Верный. На фото показано дерево диаметром до 0.5 м, разорванное вдоль на высоту до 3.5 м трещиной, образовавшейся в грунте

Figure 6 – The consequences of the Kemin earthquake on the territory of Verny. The photo shows a tree with a diameter of up to 0.5 m, torn along to a height of up to 3.5 m by a crack formed in the ground

#### 4. 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 – предполагается, что все здания, расположенные в зоне разломов будут разрушены или получают повреждения, исключающие их дальнейшую эксплуатацию.

Далее учитывается вероятность отказа 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.

В таблице 2 приведены величины вероятностей отказа в случаях учета и не учета тектонических разломов.

Таблица 2 – Характеристики вероятности отказа  $Q$  для монолитных зданий

Table 2 – Failure probability characteristics  $Q$  for monolithic buildings

№	Величина отказа	Величины отказа при повторяемости 475 лет	Величина отказа при повторяемости 2475 лет
Без учета разломов	0,019	0,0020	0,0004
С учетом разломов	0,084	0,0089	0,0017

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

Тогда величина общей надежности по группе монолитных жилых зданий с учетом тектонических разломов

$$W_{\text{тек}} = 1 - 0,0089 - 0,0017 = 0,9894 \quad (3)$$

и без учета тектонических разломов

$$W_{\text{мон}} = 1 - 0,0020 - 0,0004 = 0,9976 \quad (4)$$

Полученная величина общей надежности  $W_{\text{тек}}$  есть объективная количественная характеристика состояния группы монолитных 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  $W_{\text{тек}}$ .

Следует отметить, что вероятность отказа может быть также определена с помощью других методов определения вероятности отказа и надежности [13-22], разработанных отечественными и зарубежными специалистами.

В заключение добавим, что в городе Алматы монолитных зданий на сейсмоизолирующих фундаментах не имеется. Однако применение систем сейсмоизоляции целесообразно и для монолитных зданий [23-28].

## 5. Выводы

1. Установлено, что 1305 монолитных жилых зданий являются сейсмостойкими, 27 – несейсмостойкими и 93 – находятся в зоне тектонических разломов на территории города.
2. Выявлено, что при учете наличия тектонических разломов на территории города Алматы, вероятность отказа монолитных зданий увеличивается более чем в 4 раза.
3. Проведенный комплекс работ по оценке технического состояния, результаты эмпирической оценки надежности и сейсмостойкости позволяют заключить, что монолитные многоквартирные жилые дома в целом отвечают требованиям норм, регламентирующих строительство в сейсмических районах Республики Казахстан
4. Получены вероятностные оценки надежности монолитных зданий по результатам паспортизации как с учетом повторяемости землетрясений, так и без нее.
5. Предлагается при проведении паспортизации всегда подсчитывать количество зданий вблизи и на тектонических разломах.

## Список литературы

1. Жунусов Т.Ж. Основы сейсмостойкости сооружений. Алматы: РАУАН, 1990. 272с.
2. Белослюдцев В.М. Изучение зон разломов г. Алматы с целью их строительного освоения. «Исследование сейсмостойкости сооружений и конструкций». 2001г., 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., Ашимбаев М.У., Бейсенов М.О., Каламкарров С.И., Ротгауз Б.А. Вибрационные испытания 12-этажного жилого дома с ядром жесткости. Алматы. «Совершенствование методов расчета и конструирования зданий и сооружений, возводимых в сейсмических районах». Кишинев, 1976. С.161-169.
5. Lapin V.A., Yerzhanov S.E., Essenberlina D.I. Dynamics of a 16-storey building with a core of rigidity in a local earthquake. – IOP Conference Series: Material Science and Engineering 953 012086 doi:10.1088/1757-899X/953/1/012086
6. Lapin V.A., Yerzhanov S.E., Kassenov K., Makish N., Essenberlina D.I., Kassenov D. Response of the building with a stiffening core during an earthquake of February 02, 2018 in the territory of metropolis.- E3S Web of Conference, 2020, 217, 01008 <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202021701008>
7. Ержанов С.Е., Лапин В.А., Даугавет В.П., Девярых А.А. Исследование реакции 16-этажного дома с ядром жесткости при землетрясении 9 августа 2017 года // Вестник АО «КазНИИСА».2018.1(77). С.19-27.
8. 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
9. 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.
10. Алдахов Е.С. Способы оценки сейсмического риска применительно к мегаполису города Алматы // Вестник АО «КазНИИСА». 2019 г., вып.7.(95). С.35-46.
11. 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 г., вып.2.(78). С.6-10.
12. Шокбаров Е.М. Паспортизация зданий и сооружений города Алматы // Вестник

АО «КАЗНИИСА». 2020 г., вып.1(1-3). С.93-96.

13. Хакимов Ш.А. Некоторые вопросы оценки сейсмического риска и антисейсмического усиления зданий. «Исследование сейсмостойкости сооружений и конструкций». 2001г., вып.20(30). С.167-184.

14. Райзер В.Д. Теория надежности сооружений. М.: Издательство «АСВ», 2010. 384с.

15. Сейсмический риск и инженерные решения. Сб. статей / Под ред. Ломниц У., Розенблют Э.М.: Наука, 1981. 86 с.

16. Джинчвелашвили Г.А., Дзержинский Р.И., Денисенкова Н.Н. Количественные оценки сейсмического риска и энергетические концепции сейсмостойкого строительства // Компьютерные исследования и моделирование. 2018. Т.10. №1. С.61-76.

17. Айзенберг Я.М. Модели сейсмического риска и методологические проблемы планирования мероприятий по смягчению сейсмических бедствий // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2004.№6.С.31-37.

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

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

20. 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.

21. Fathi-Fazi Reza, Jacques Eric, Cai Zhen, Kadhom Bessam Development of a preliminary seismic risk screening 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

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

23. 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.

24. Hare H.John. A different way of thinking about seismic risk: a call for debate. – Bulletin of the New Zealand Society for Earthquake Engineering, Sep2019, Vol.52 Issue 3, pp.141-149. DOI:10.5459/BNZSEE.52.3.141-149

25. Lapin V A, Yerzhanov S E, 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

26. 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>

27. 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>

28. 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` sejsmostojkosti sooruzhenij. Almaty: RAUAN, 1990. 272 p.
2. Beloslyudczev V.M. Izuchenie zon razlomov g. Almaty` s czel`yu ikh stroitel`nogo osvoeniya. «Issledovanie sejsmostojkosti sooruzhenij i konstrukczij», 2001, vy`p.20(30), pp.35-37.
3. Taubaev A.S. Analiticheskaya zapiska o sejsmicheskom rezhime goroda Almaty` i sejsmostojkosti ego zastrojki. Almaty`: KazNIISA, 2008. 28 p.
4. Zhunusov T.Zh., Ashimbaev M.U., Bejsenov M.O., Kalamkarov S.I., Rotgauz B.A. Vibracziorny`e ispy`taniya 12-e`tazhnogo zhilogo doma s yadrom zhestkosti. Almaty`, «Sovershenstvovanie metodov rascheta i konstruirovaniya zdaniy i sooruzhenij, vozvodimy`kh v sejsmicheskikh rajonakh». Kishinev, 1976, pp.161-169.
5. Lapin V.A., Yerzhanov S.E., Essenberlina D.I. Dynamics of a 16-storey building with a core of rigidity in a local earthquake. – IOP Conference Series: Material Science and Engineering 953 012086 doi:10.1088/1757-899X/953/1/012086
6. Lapin V.A., Yerzhanov S.E., Kassenov K., Makish N., Essenberlina D.I., Kassenov D. Response of the building with a stiffening core during an earthquake of February 02, 2018 in the territory of metropolis - E3S Web OF Conference 217 01008 2020 <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202021701008>
7. Erzhanov S.E., Lapin V.A., Daugavet V.P., Devyaty`kh A.A. Issledovanie reakczii 16-e`tazhnogo doma s yadrom zhestkosti pri zemletryaseni 9 avgusta 2017 goda. Vestnik AO «KazNIISA».2018, 1(77), pp.19-27.
8. Lapin V.A., Aldakhov E.S., Aldakhov S.D., Ali A.B. Veroyatnostnaya ocenka velichin nadezhnosti i riska po rezul`tatam pasportizaczii. Sejsmostojkoe stroitel`stvo. Bezopasnost` sooruzhenij». 2020, no 3, pp.53-68. doi 10.37153/2618-9283-2020-3-53-68
9. Lapin V.A., Erzhanov S.E. Algoritmy` opredeleniya sejsmicheskogo riska dlya zdaniy i sooruzhenij v Respublike Kazakhstan. Sejsmostojkoe stroitel`stvo. Bezopasnost` sooruzhenij». 2017, no.3. - pp.31-39.
10. Aldakhov E.S. Sposoby` ocenki sejsmicheskogo riska primenitel`no k megapolisu goroda Almaty`. Vestnik AO KazNIISA. 2019, vy`p.7 (95), pp.35-46.
11. Tuleev T.D., Aldakhov S.D., Aldakhov E.S., Bitimbaev A.T., Ali A.B., Tazhikenov A.B., Lobodry`ga T.D. Paspportizaczija ob`ektov nedvizhimosti goroda Almaty`. Vestnik AO KazNIISA. 2018, vy`p.2 (78), pp.6-10.
12. Shokbarov E.M. Paspportizaczija zdaniy i sooruzhenij goroda Almaty`. Vestnik AO KAZNIISA. 2020, vy`p.1(1-3), pp.93-96.
13. Khakimov Sh.A. Nekotory`e voprosy` ocenki sejsmicheskogo riska i antisejsmicheskogo usileniya zdaniy. «Issledovanie sejsmostojkosti sooruzhenij i konstrukczij». 2001, vy`p.20 (30), pp.167-184.
14. Rajzer V.D. Teoriya nadezhnosti sooruzhenij.M.: Izdatel`stvo «ASV», 2010. 384 p.
15. Sejsmicheskij risk i inzhenerny`e resheniya. Sb. statej / Pod red. Lomnitz U., Rozenblyut E`. M.: Nauka, 1981. 86 p.
16. Dzhinchvelashvili G.A., Dzerzhinskij R.I., Denisenkova N.N. Kolichestvenny`e ocenki sejsmicheskogo riska i e`nergeticheskie koncepczii sejsmostojkogo stroitel`stva. Komp`yuterny`e issledovaniya i modelirovanie. 2018, t.10, no.1, pp.61-76.
17. Eizenberg J.M. Modeli sejsmicheskogo riska i metodologicheskie problemy` planirovaniya meropriyatij po smyagcheniyu sejsmicheskikh bedstvij. Sejsmostojkoe stroitel`stvo. Bezopasnost` sooruzhenij». 2004, no.6, pp.31-37.
18. Koff G.L., Gusev A.A., Vorob`ev Yu.L., Koz`menko S.N. Ocenka posledstvij chrezvy`chajny`kh situaczij. M.:IPK RE`FIA, 1998. 364 p.
19. Napetvaridze Sh.G. Veroyatnostny`e zadachi inzhenernoj sejsmologii i teorii

sejsmostojkosti. – Izdatel'stvo «Meczniereba», Tbilisi.1985,110 p.

20. 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.

21. Fathi-Fazi Reza, Jacques Eric, Cai Zhen, Kadhom Bessam. Development of a preliminary seismic risk screening 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

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

23. 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.

24. Hare H. John. A different way of thinking about seismic risk: a call for debate. – Bulletin of the New Zealand Society for Earthquake Engineering, Sep2019, Vol.52 Issue 3, pp.141-149. DOI:10.5459/BNZSEE.52.3.141-149

25. Lapin V.A., Yerzhanov S.E., 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

26. 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>

27. 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>

28. 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](mailto:lapin_1956@list.ru)

**Алдахов Еркин Серикович**, Директор Центра сейсмостойкости, обследования зданий и сооружений, АО «КазНИИСА». Алматы, Республика Казахстан [ealdakhov@kazniisa.kz](mailto: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](mailto: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](mailto: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](mailto: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](mailto: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](mailto: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](mailto:aali@kazniisa.kz)