



Лапин В.

кандидат технических наук, директор Центра научных исследований, ученый секретарь АО «КазНИИСА», член-корреспондент НИИ РК и ИА, Алматы, Республика Казахстан

Ержанов С.Е.

кандидат технических наук, советник генерального директора по науке АО «КазНИИСА», член-корреспондент НИИ РК и ИА, Алматы, Республика Казахстан

УДК 690.34.062.11

## Динамика объекта полигона сейсмоизоляции здания с опорами на фторопластовые прокладки

**Аннотация:** Для исследования сейсмоизолирующих свойств зданий в г.Алматы функционирует специальный полигон. Он включает здания с обычными лентами фундаментами с системой перекрестных жестких сейсмоизолирующими кинематическими опорами и прокладками из фторопласта. На здании установлены станции инженерно-геодезической службы (станции 20, 21, 22). Анализированы результаты экспериментальных исследований дома на фторопластовых прокладках, выполненные в конце 80-х годов. Результаты сравниваются с инструментальными записями при землетрясениях 31

марта 2012 и 16 августа 2014 годов. Период максимума спектра совпадает с резонансным на начальных этапах вибрационных испытаний 0,44-0,47 сек. С использованием одномассовой расчетной схемы с учетом наличия сил сухого трения выполнен анализ кинематической модели здания на воздействие виде нестационарного случайного процесса. Медианные величины ускорения в основании соответствуют данным «Карты сейсмического зонирования Республики Казахстан» для землетрясений с повторяемостью 475 лет и 2475 лет. Получены вертикальные смещения в уровне опор

**Ключевые слова:** сейсмоизоляция, виброиспытания, акселерограмма, безопасность, фторопластовые элементы

Lapin V. A., Ph.D. in Engineering Science, Director of Center for Scientific Research in Building Industry, Corresponding Member of International Engineering Academy and National Engineering Academy of the Republic of Kazakhstan, KazNIISA JSC, Almaty, Yerzhanov S. Y., Ph.D. in Engineering Science, Adviser to Director General, Corresponding Member of International Engineering Academy and National Engineering Academy of the Republic of Kazakhstan, KazNIISA JSC, Almaty

## Dynamics of the Object of Polygon of Seismic Isolation: Building with Supports on Fluoroplastic Gaskets

**Abstract:** To study the seismic insulating properties of buildings with conventional strip foundations with a system of cross-belts, seismic insulating supports and supports with PTFE gaskets. The building has

equipped with stations of engineering and geismometric control (seismic stations 20,21,22). The results of experimental studies of the house on fluoroplastic gaskets, performed in the late 80s, are analyzed. The results are compared with the instrumental records of the earthquake of May 31, 2012 and August 16, 2014. The period of maximum spectrum coincides with the resonance in the initial stages of vibration tests – 0.4–0.47 seconds.

**Key words:** seismic isolation, vibration tests, acceleration, safety, PTFE elements.

В 80-е годы прошлого века трудами Михайлова Г.М., Гавлыка В.С., Полякова В.С., Килимника Л.Ш., Аманжолова С.Т., Белаш Т.А., Солдатовой Л.Л., Чуднецова В.И. интенсивно развивались системы сейсмоизоляции, основанные на применении различных элементов сухого трения. Были получены многочисленные авторские свидетельства и патенты.

В АО «КазНИИС» также наряду с сейсмоизолирующими кинематическими фундаментами [1-5] разрабатывались и некоторые сейсмоизолирующие системы с элементами сухого трения [6-9]. Один такой дом с использованием фторопластовых прокладок был построен, испытан вибрационной машиной инерционного действия и с целью дальнейшего мониторинга оснащен станцией инженерно-сейсмометрической службы. Величина снижения сейсмических сил на сейсмоизолирующем здании оценивалась относительно здания-аналога.

В 1989 году на трех построенных домах с одинаковой надфундаментной частью (9-этажные крупнопанельные дома серии 158), но различными фундаментами: обычными ленточными с системой перекрестных лент, сейсмоизолирующими кинематическими [1-6] и опорами с прокладками из фторопласта (ФТ), были установлены станции инженерно-сейсмометрической службы. Ниже приводятся результаты исследования здания с опорами на фторопластовых прокладках, на которой функционирует станция ИСС и имеются результаты виброацелерационных испытаний указанного здания.

Скользкая опора представляет собой сейсмоизолирующую конструкцию с опорными поверхностями в виде пяти сферы радиусом 2 м (рис.1). Опорные части обклеены фторопластовой пленкой. Фторопласт не теплопроводен, сохраняет работоспособность в интервале температур от -269 до +269 градусов по Цельсию, не поглощает воду, химически стоек к кислотам, обладает высоким электрическим сопротивлением, практически не стареет.

Типовое здание представляет собой крупнопанельный жилой дом серии 158, это одно-подъездный блок-секция. Габариты здания: длина – 17,4 м, ширина – 12,5 м, высота – 31,5 м. Здание имеет 9 этажей высотой 3 м каждый с допустимым техническим подпольем и полупроходным чердаком. Скользящие опоры дома размещены в местах пересечения разбивочных осей на специальных фундаментных стойках, которые являются элементами перекрестных железобетонных ленточных фундаментов (рис.1). Плоскость скольжения опор расположена выше планировочной отметки окружающего грунта.

Дом с ОТ расположен на пересечении улиц Позыбакина и Солотникова в г. Алматы. Грунтовые условия – пло-

calculation scheme taking into account the presence of dry friction forces, the dynamic model of the building was calculated for the impact of an unsteady random process. The median acceleration values at the base correspond to the "Seismic Zoning Map of the Republic of Kazakhstan" for earthquakes with a frequency of 475 years and 2475 years. Probabilistic estimates of displacement values at the support level are obtained.



Рис. 1 — Скользящая опора с прокладками из фторопласта-4  
Figure 1 — Sliding bearing with gaskets made of fluoroplast-4

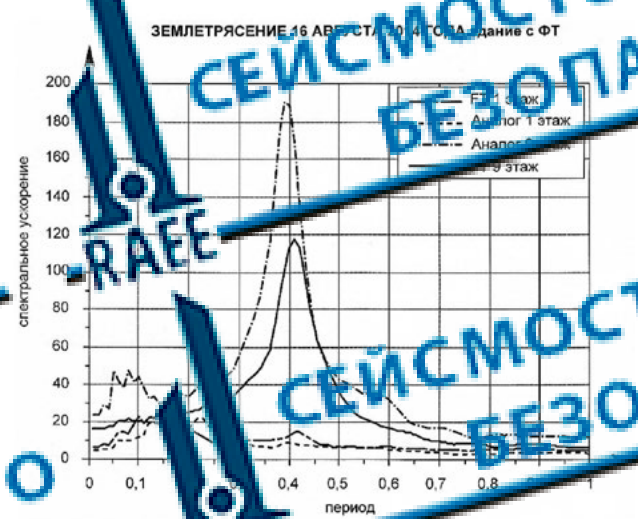


Рис. 2 — Спектральные ускорения для землетрясения 16 августа 2014 года  
Figure 2 — Spectral Acceleration for the earthquake of August 16, 2014

**Таблица 1** — Максимальные величины ускорения и параметры акселерограмм, 16.08.2014  
**Table 1** — Maximum values of accelerations and accelerogram parameters, 08.16.2014

Запись	Ускорение, см/с <sup>2</sup>	Эффективная длительность, с	Спектральное ускорение, см/с <sup>2</sup>	Период максимума спектра, с
89-ГТ-11х фундамент	6,48	8,57	22,95	0,14
89-ГТ-9-9х 9-й этаж	16,41	7,81	117,34	0,41

**Таблица 2** — Максимальные величины ускорения и параметры акселерограмм, 31.05.2012  
**Table 2** — Maximum values of accelerations and accelerogram parameters, 31.05.2012

№	Запись	Ускорение, см/с <sup>2</sup>	Эффективная длительность, с	Спектральное ускорение, см/с <sup>2</sup>	Период максимума спектра, с
1	86-22-1-14х фундамент	6,43	4,96	4,52	0,47
2	86-22-9-17х- 9-й этаж	16,5	7,0	7,51	0,44
3	86-22-9-18х- 9-й этаж	0,52	11,50	5,55	0,44
4	86-22-1-10х фундамент	17,71	13,4	4,78	0,44

после строительства – валуногалечники, 2-й категории по сейсмическим свойствам. Уровень грунтовых вод – 20 м.  
 16 августа 2014 года в 03 час. 42 мин. в г. Алматы произошло землетрясение магнитудой 5,7. Эпицентр был расположен в 41 км на восток от г. Алматы с координатами 43°30' с.ш. и 77°40' в.д., энергетическим классом  $M=12,0$ , магнитудой  $MPV=5,2$ , глубина 5 км. Подземные толчки ощущались в г. Алматы 4-5 баллов по шкале MSK-64.

В таблице 1 и рисунке 2 приведены величины спектральных ускорений при данном землетрясении (сейсмостанция № 22 «Дом на ФТ»), а на рисунке 3 – график спектральных ускорений. На этом же рисунке 3 приведены графики спектральных ускорений зарегистрированных в здании аналогичного типа. Отношение величин спектральных ускорений в уровне 9-го этажа позволяет оценить величину эффекта сейсмоизоляции при данном землетрясении по величинам отношения спектральных ускорений получается 1,61.

Величина 0,14 сек является начальным периодом свободных колебаний здания.

31 мая 2012 года почти всеми сейсмостанциями г. Алматы ИСС было записано сейсмическое событие.

Сила толчков при землетрясении в Алматы составила около 4-5 баллов, эпицентр магнитуды землетрясения составил 5,7 баллов, по данным Еврейско-средиземноморского сейсмического центра. Координаты

эпицентра 43,388°N, 78,775°E (148 км от Алматы, 65 км от Жидыкоргана, 1028 км от Астаны), глубина эпицентра – 5 км, радиус 500 метров.

В таблице 2 приведены максимальные величины ускорения на каждой из точек регистрации. Строки 1-3 соответствуют ускорениям, записанными датчиками ОСП. 4-5 ускорения, полученные двойным дифференцированием смещений. Ось OX соответствует направлению поперек здания, OY – вдоль. На рисунке 3 показаны спектральные кривые.

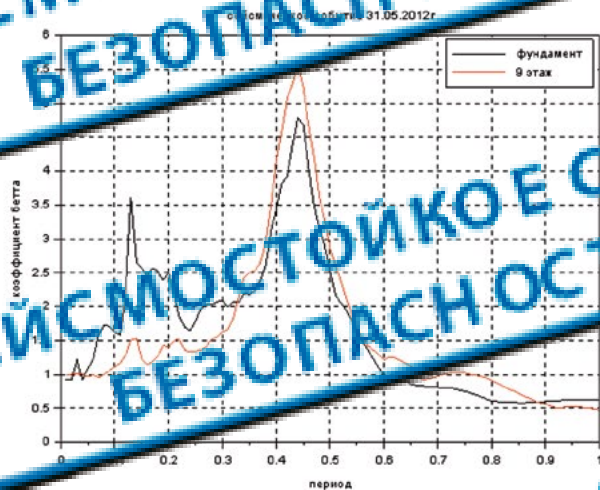
По действующей шкале MSK-64(K) 5-балловому землетрясению соответствует интервал значений ускорения 16-35 см/с<sup>2</sup> (средним значением 25 см/с<sup>2</sup>). По величинам ускорения в уровне фундамента интенсивность землетрясения можно оценить как 4-5-балловое.

На графиках спектральных кривых четко выражены некоторые закономерности. На спектральных кривых, соответствующих фундаментам, проявляются 2 максимума – на периодах 0,13-0,14 сек и 0,44 (0,41) сек. Это может быть связано с конструктивными особенностями данного дома – наличием сейсмоизолирующих фундаментов старого типа. Один из них может быть связан с работой надфундаментной частью здания, второй – системой сейсмоизоляции. Причем для случая направления поперек здания все 3 спектральных графика выложены друг в друга на периоде 0,44 сек. Для уточнения высказанных предположений необходима обработка инструментальных записей такой же или большей интенсивности.



Рисунок 3 — спектральные кривые сейсмических событий 31 мая 2012 г. (рисунок слева – ось OX, рисунок справа – ось OY)

Figure 3 — Spectral curves of seismic events on May 31, 2012 (the picture on the left is the OX axis, the picture on the right is the OY axis)



Максимальные значения спектрального коэффициента имеют место на последнем девятом этаже в обоих случаях. Возможно это тоже связано с особенностями конструкции здания.

Следует отметить, что периоды максимума спектральных кривых по двум землетрясениям 16 августа 2014 года и 31 мая 2012 года, отличаются всего на 7%.

Для сравнения ниже приводятся данные статических и динамических (вибрационных) испытаний дома с ФТ, выполненные в 1988 [6-8]. Результаты исследований ввиду их важности приведены достаточно подробно.

**Основные результаты:**

1. Для получения диаграммы перемещения опор при статических испытаниях использовали систему гидродомкратов, расположенных в подвальной части дома. Смещение дома производилось в направлении продольной оси на 72 мм

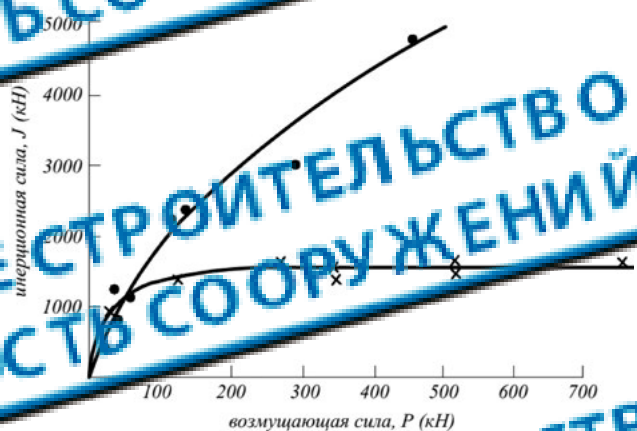


Рисунок 4 — Верхняя кривая – здание аналог, нижняя – здание на фторопластовых прокладках

Figure 4 — Upper curve - building analog, lower - building on fluoroplastic gaskets

в каждую сторону от положения равновесия. В крайних положениях осуществлялся сброс давления в гидросистеме домкратов и здание под действием гравитационной восстанавливающей силы скользило в обратном направлении. Максимальные смещения 10-20 мм. Средняя величина коэффициента трения 0,035. Было установлено, что в результате подвижек фторопластовая плёнка не повреждена.

2. При вибрационном нагружении скольжение опоры началось при инерционных силах, развиваемых сооружением – 100–200 кН, что соответствует статической нагрузке срабатывания. По мере возрастания нагрузок на каждом этапе наблюдался рост инерционных сил в системе. При этом уровень амплитуды перемещения увеличивался. Однако при увеличении интенсивности внешней возмущающей нагрузки от 124 до 514 кН инерционная сила не превышала 650 кН. Таким образом, величина реакции сооружения определялась динамическим коэффициентом трения, равным 0,03–0,06.

3. При испытаниях дома аналога предельная величина реакции составила 4870 кН. Следовательно, эффект сейсмоизоляции относительно реакции дома аналога, примерно трехкратный (рис.4).

Выполнен расчет сейсмоизоляции данного здания с учетом региональных особенностей сейсмического воздействия для города Алматы – мегаполиса с населением свыше 2 миллионов человек. Согласно действующей Карте сейсмического зонирования Республики Казахстан, максимальные величины ускорения на территории города: 1 раз в 475 лет – 0,38g и при 1 раз в 2475 лет – 0,73g. Здесь g – ускорение свободного падения.

Двум указанным величинам ускорений соответствуют две акселерограммы Байсорунского землетрясения 1990 года: 699,2 см/с<sup>2</sup> и 436,9 см/с<sup>2</sup>. Различия пиковых значений ускорения от величин, нормированных Картой сейсмического зонирования, здесь 2-8%. Поэтому эти акселерограммы могут быть взяты как исходные для моделирования сейсмического воздействия случайным процессом.

**Таблица 3** — Величины вероятности, характеристики (и) перемещения и значения надежности  $W$  сейсмоизолированного здания,  $f_{tr} = 0,035$

**Table 3** — The values of the probability and characteristics of displacement and the reliability value  $W$  of a seismic-isolated building,  $f_{mp} = 0,035$

Параметр	Для повторяемости 475 лет	Для повторяемости 2475 лет
Среднее значение, см	5,79	14,06
Медианное значение, см	4,93	12,3
Среднеквадратичное отклонение, см	3,37	7,59
Коэффициент вариации	0,58	0,54
Надежность $W$	0,985	0,63
Вероятность отказа $Q$	0,015	0,37

Среди взаимных быстрых и удобных является алгоритм, основанный на рекурсивной фильтрации (авторегрессия) [10]. Основная расчетная формула авторегрессии (сглаживающего среднего) имеет вид:

$$y_k = \sum_{i=0}^m a_i x_k - \sum_{i=1}^n b_i y_{k-i}, \quad (6)$$

где  $x_k$  – дискретные реализации случайного процесса на входе системы,  $y_k$  – дискретные реализации случайного процесса на выходе (в данном случае акселерограмма);  $a_i, b_i$  – коэффициенты модели авторегрессии со скользящим средним;  $m$  и  $n$  – положительные числа ( $m \leq n$ ). Данный метод не имеет методической погрешности, а параметры моделирующего алгоритма выражаются в явном виде через параметры корреляционной функции. Если вид корреляционной функции усложняется (например, у нее несколько передаточной функции формирующей системы есть кратные полюса), то рекуррентные алгоритмы становятся приближенными. Сейсмическое воздействие моделировалось стационарным случайным процессом, который получается путем умножения реализаций стационарного процесса на детерминированную огибающую. Корреляционная функция стационарного случайного процесса принимается косинус-экспоненциальной. Детерминированная огибающая принята в виде дробно-рациональной функции Аптикаева Ф.Ф. [11]:

$$A = A_{\max} \frac{3td}{9t^2 - 3a + 4d} \quad (2)$$

Величина  $A$  есть эффективная длительность сейсмического воздействия (продолжительность воздействия с интенсивностью не менее половины максимума – ширина импульса).

Для анализа возможных перемещений при воздействии реактивных опор в уровне сейсмоизолирующих фундаментов (Ф) при сейсмических нагрузках и также для оценки надежности таких зданий допустимой расчетной моделью может служить одномассовая консольная система с сосредоточенной массой и элементом сухого трения. Из приведенных ранее результатов исследования объекта используются величины сухого трения фторопласта, необходимые для оценки сейсмической реакции и надежности.

Интегрируется нелинейное дифференциальное уравнение

$$m\ddot{x} + \mu\dot{x} + mg - f_{mp} \operatorname{sign} \dot{x} = -m\ddot{x}_0 \quad (3)$$

Где  $\ddot{x}_{0i}$  –  $i$ -ая акселерограмма,  $\mu$  – коэффициент неупругого сопротивления (гипотеза Рокка),  $m$  – масса здания,  $g$  – ускорение свободного падения,  $f_{mp}$  – коэффициент сухого трения,  $x$  – горизонтальное перемещение.

Интегрирование нелинейного дифференциального уравнения выполнялось с помощью интегратор системы компьютерной математики MATLAB.

Расчетная модель здания обладает следующими инерционными и диссипативными характеристиками ( $Q = mg$ ):  $Q = 24200 \text{ кН}$ ;  $\mu = 44 \text{ кН} \cdot \text{сек/см}$ .

В качестве критерия отказа здесь принимается достижение предельно допустимых перемещений  $[x_{\max}]$ . По данным статических испытаний [3] и величине свободного хода фундаментных конструкций принята  $[x_{\max}] = 13 \text{ см}$ . Надежность (вероятность безотказной работы)  $W = W(|x| < [x_{\max}])$ . Величина  $W$  оценивается по экспериментальным исследованиям. Расчеты выполняются методом статистических испытаний (методом Монте-Карло) с использованием возможностей программной системы компьютерной математики MATLAB [11].

Для оценки качества системы сейсмоизоляции и выбранной модели сейсмического воздействия выполним расчет вероятностных характеристик параметров перемещения в уровне опоры надежности (вероятности безотказной работы) сейсмоизолированного здания на фторопластовых прокладках при разных величинах коэффициента трения (таблицы 3-4). Реализуется схема классического метода Монте-Карло. В расчетах используется 1000 реализаций случайного процесса.

Величины перемещения в уровне фундамента при  $f_{tr} = 0,035$  в пределах допустимых значений 4,20-11,41 см, по медианному – 3,69, 7,4 см.

Величина надежности  $W$  при повторяемости 475 лет в пределах указанных величин коэффициента сухого трения

**Таблица 4** — Величины вероятностных характеристики перемещения и значения надежности  $W$  сейсмоизолированного здания,  $f_{tr} = 0,05$

**Table 4** — The values of the probability characteristics of displacement and the reliability value  $W$  of a seismically isolated building,  $f_{tr} = 0,05$

Параметр	Для повторяемости 475 лет	Для повторяемости 2475 лет
Среднее значение, см	4,20	11,41
Медианное значение, см	3,00	9,74
Среднеквадратичное отклонение, см	2,41	6,53
Коэффициент вариации	0,57	0,57
Надежность $W$	0,998	0,76
Вероятность отказа $Q$	0,002	0,24

0,995-0,998 — при повторяемости 2475 лет значительно меньше 0,63-0,76. Оценки надежности представляются высокими, т.к. получены при большом количестве реализаций.

При дальнейшем уточнении моделей сейсмического воздействия оценки надежности будут уточняться.

Таким образом, для 9-этажного крупнопанельного здания, сейсмозлы для которого на основе фторопластовых прокладок (рисунок 1), имеется экспериментальная информация о поведении при вибрационных воздействиях, имеются характеристики фторопластового слоя в уровне сейсмоизолирующего фундамента, накапливается инструментальная информация по 3-м точкам регистрации ускорений при местных землетрясениях. Все это создает предпосылки для дальнейшего изучения поведения данного здания при прогнозируемых реальных землетрясениях.

Следует отметить, что системы сейсмоизоляции на базе элементов сухого трения являются достаточно простыми. Эффективность снижения сейсмических нагрузок здесь сомнений не вызывает. Расчетные схемы являются достаточно простыми. Поэтому применение системы сейсмоизоляции на базе элементов сухого трения остается весьма перспективным. Цель этой статьи – показать, что имеется достаточно экспериментальных данных и теоретических предпосылок для массового применения таких систем. В г. Алматы силами инженерно-сейсмометрической службы АО «КазНИИСА» организован проектный мониторинг такой системы – 9-этажного сейсмоизолированного здания на фторопластовых прокладках.

Несмотря на гарантированное снижение сейсмических сил в результате применения элементов сухого трения, случаев массового применения таких систем немного. Это микрорайон «Аламедин» в г. Бишкеке, где с использованием системы «скользящий пояс» построено около 40 зданий. Видимо, проектировщики опасаются больших перемещений в уровне сейсмоизолирующего слоя и, по сути, возврата дома в исходное положение.

Этой статьей завершается первый цикл работ по изучению поведения здания-аналога и здания с сейсмоизолирующими опорами друг против друга на полигоне сейсмо-

изоляции в городе Алматы. В дальнейшем при получении новой инструментальной информации в поведении зданий при местных землетрясениях исследования будут продолжены.

#### ВЫВОДЫ

1. На объекту полигона сейсмоизоляции в г. Алматы для здания на ФТ, оснащенного станцией инженерно-сейсмометрической службы (сейсмостанция № 22) выполнен комплекс экспериментальных исследований, включающий динамические вибрационные испытания, статические исследования и наблюдения в рабочем режиме с помощью станции инженерно-сейсмометрической службы.

2. По данным инженерно-сейсмометрической службы «КазНИИСА» и результатам вибрационных испытаний было достигнуто снижение сейсмических сил от 1,6 до 3 раз.

3. Величина периода максимума спектра здания по данным инженерно-сейсмометрической службы 0,41-0,47 сек.

4. Фторопластовая пленка сохраняет свои свойства после 30 лет эксплуатации здания по данным инструментальных записей станции ИСС № 22 «Дом на ФТ» имеет место снижение сейсмических сил на сейсмоизолированном здании по сравнению с домом-аналогом.

5. Выполнено статистическое моделирование надежности сейсмоизолированного здания с учетом данных «Карты статистического землетрясения Республики Казахстан» и вычислены вероятностные характеристики величин перемещения здания в уровне сейсмоизолирующих опор. Показано, что при  $f_{tr} = 0,05$  медианные значения перемещения не превышают 9,7 см.

6. Сейсмомониторинг поведения 9-этажного здания на фторопластовых прокладках в режиме реального времени будет продолжен.

**Исследования выполнялись с использованием средств гранта AP 130702 Министерства образования и науки Республики Казахстан.**

**The research was carried out using the grant AP 130702 of the Ministry of education and science of the Republic of Kazakhstan.**

**Литература**

1. Черепинский Ю.Д., Лапин В.А. Основы сейсмозащиты и сейсмоизоляции в строительстве. Ир-кутское строительство и безопасность. «Элит». 1995. 204 с.  
2. Лапин В.А., Ержанов С.Е. Динамика объекта сейсмоизоляции: здание на кинематических фундаментах // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2019. №2. С. 6-22.  
3. Лапин В.А., Ержанов С.Е. Динамика объекта сейсмоизоляции: здание-аналог // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2019. №3. С.47-55.  
4. Лапин В.А., Ержанов С.Е., Даугавен В.П. Изучение динамики сейсмоизолированных зданий с опорными станциями инженерно-геотехнической службы // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2019. №3. С.47-55.

**References**

1. Cherepinsky Yu.D., Lapin V.A. Fundamentals of Seismic Isolation in Construction. Ir-kutsk: ELITE Publishing House. 1995. 204 p.  
2. Lapin V.A., Yerzhanov S.E. Dynamics of the Object of Polygon of Seismic Isolation: Building on Kinematic Foundations. Seismotoikoe stroitelstvo. Bezopasnost sooruzhenii [Earthquake engineering. Construction safety], 2019, no.2, pp.16-22.  
3. Lapin V.A., Yerzhanov S.E. Dynamics of the Object of Polygon of Seismic Isolation: Analogous Building. Seismotoikoe stroitelstvo. Bezopasnost sooruzhenii [Earthquake engineering. Construction safety], 2019, no.3, pp.47-55.  
4. Yerzhanov S.Y., Lapin V.A., Daugaven V.P. Studying the dynamics of seismically isolated buildings with the aid of the stations of

5. Лапин В.А., Черепинский Ю.Д., Филиппов О.Р. Сейсмостойкость 9-ти этажных домов серии 158 на кинематических фундаментах. Алматы, 1991. Серия жилищно-гражданское строительство (республиканский опыт). №5. С.1-9.  
6. Жунусов Т.Ж., Шахнович Ю.Г., Горовиц И.Г., Королев А.Н. Экспериментальные исследования железобетонного каркаса с безбалочными перекрытиями. ЭИ, ВНИИКС, 1984, серия 14, вып.7, С.15-20.  
7. Жунусов Т.Ж., Шахнович Ю.Г., Горовиц И.Г. Влияние жесткости здания на эффективность применения сейсмоизолирующих опорных устройств скользящего типа. ЭИ, ВНИИКС, 1984, серия 14, вып.9. С. 1-7.  
8. Жунусов Т.Ж., Шахнович Ю.Г., Горовиц И.Г. Испытания 9-этажного жилого дома серии 158 на сейсмоизолирующих опорах. Алматы,

engineering series 158. Bezopasnost sooruzhenii [Earthquake engineering. Construction safety], 1991, no.1, pp.40-45.  
5. Lapin V.A., Cherepinsky Yu.D., Filippov O.R. Earthquake resistance of 9-storey houses on kinematic foundations. Almaty, 1991, Civil and Housing Construction Series (Republican Experience). P.1-7.  
6. Zhunusov T.J., Shahnovich Yu.G., Gorovitz I.G., Korolev A.N. Experimental studies of reinforced concrete frame with beamless floor. EI, VNIIS, 1984, series 14, ex.7, p.15-20.  
7. Zhunusov T.Zh., Shakhnovich Yu.G., Horowitz I.G. Influence of rigidity of building on efficiency of use of the sliding bearing basis devices of the sliding type. EI, VNIIS, 1984, series 14, ex.9.  
8. Zhunusov T.J., Shakhnovich Yu.G., Gorovitz I.G. Tests of 9-storey residential-to-se-

1991. Серия жилищно-гражданское строительство (республиканский опыт). №5. С.1-9.  
9. Жунусов Т.Ж., Шахнович Ю.Г., Горовиц И.Г., Королев А.Н. Определение параметров сейсмоизолирующей опорной конструкции со скользящими прокладками из фторопласта // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Технические науки. 2016. №7(59). С.2-31.  
10. Прокhorov С.А. Математическое описание и моделирование случайных процессов. Самара: Государственный аэрокосмический институт. 2001. 200 с.  
11. Аптиев Ф.Ф. Инструментальная шкала сейсмической интенсивности. Наука и образование. 2012. 176 с.  
12. Лапин В.А., Ержанов С.Е. Анализ реакции объекта сейсмоизоляции при случайном сейсмическом воздействии // Геотехническая механика. Днепро. 2019. Вып.144. С.146-156.

ismic insulation supports. Almaty, 1990. Series of housing and civil construction (re-publican experience). №5. P.1-9.  
9. Zhunusov T.J., Shakhnovich Yu.G., Gorovitz I.G., Korolev A.N. Determination of parameters of a seismic isolating support structure with sliding fluoroplastic gaskets. Bulletin Kaz-NIISA. SC. 53 (59), 2016. P.25-31.  
10. Prokhorov S.A. A mathematical description and modeling of random processes. Samara: State Aerospace Institute. 2001, p. 2-9.  
11. Aptiev F.F. Instrumental scale of seismic intensity. Moscow: Science and Education. P.176.  
12. Lapin V.A., Yerzhanov S.E. Analysis of the reaction of the object of seismoisolation with random seismic action. Geo-Technical Mechanics Dnipro. № 144. 2019. P.146-156.

**Для цитирования:** Лапин В.А., Ержанов С.Е. Динамика объекта полигона сейсмоизоляции: здание с опорными станциями инженерно-геотехнической службы на фторопластовых прокладках // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2019. №6. С. 70-76.

**For citation:** Lapin V.A., Yerzhanov S.Y. Dynamics of the Object of Polygon of Seismic Isolation: Building with supports on Fluoroplastic Gaskets. Seismotoikoe stroitelstvo. Bezopasnost' sooruzhenii [Earthquake engineering. Construction safety], 2019, no. 6, pp. 70-76. (In Russian).

