



С. Е. ЕРЖАНОВ

кандидат технических наук, советник генерального директора, член-корреспондент МИА и НИА РК

В. А. ЛАПИН

кандидат технических наук, директор Центра, член-корреспондент МИА и НИА РК

В. П. ДАУГАВЕТ

заведующий сектором

АО «КазНИИСА», г. Алматы

УДК 624.042.7

ИЗУЧЕНИЕ ДИНАМИКИ СЕЙСМОИЗОЛИРУЕМЫХ ЗДАНИЙ С ПОМОЩЬЮ СТАНЦИЙ ИНЖЕНЕРНО- СЕЙСМОМЕТРИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ

В АО «КазНИИСА» исследования сейсмоизолирующих свойств зданий, оснащенных специальными системами сейсмозащиты, выполняется на специальном полигоне. 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 и опорами с прокладками из фторопласта, были установлены датчики измерения смещений, скоростей и ускорений. На указанных зданиях в поперечном направлении получены инструментальные записи землетрясения 16 августа 2014 года. Полученные акселерограммы использованы для построения спектральных кривых β . Оценивается возможный эффект сейсмоизоляции, а также влияние конструкций фундамента на динамику зданий с фундаментами обычного типа и сейсмоизолируемыми.

Ключевые слова: сейсмоизоляция, сейсмостойкость, акселерограмма, сейсмостанция.

Остаются актуальными вопросы исследования поведения зданий, оснащенных различными системами сейсмозащиты, в условиях реальных сейсмических воздействий.

В АО «КазНИИСА» такие исследования по оценке эффективности систем сейсмоизоляции различных типов выполняются на постоянно действующем специальном полигоне. 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] и опорами с прокладками из фторопласта, были установлены станции инженерно-сейсмометрической службы.

Система сейсмоизоляции в виде опоры с прокладками из фторопласта, связанная с именами Жунусова Т. Ж., Шахновича Ю. Г., Горовица И. Г. [2], была разработана и экспериментально исследована институтами КазпромстройНИИпроект (КазНИИССА) и ЦНИИпромзданий. Эта система первоначально предложена для железобетонных каркасных зданий. Она выполняется с наклонными плоскостями контактирующих поверхностей с использованием пленки из фторопласта – 4.

Типовое здание представляет собой крупнопанельный жилой дом серии 158, одноподъездная блок-секция (рисунок 1). Габариты здания: длина – 17,4 м, ширина – 12,9 м, высота – 31,5 м. Здание имеет 9 этажей высотой 3 м каждый с дополнительным техническим подпольем и полупроходным чердаком. На здании с КФ кинематические фундаменты опираются на перекрестную ленту в местах пересечения стен. Глубина заложения 3,8 м.

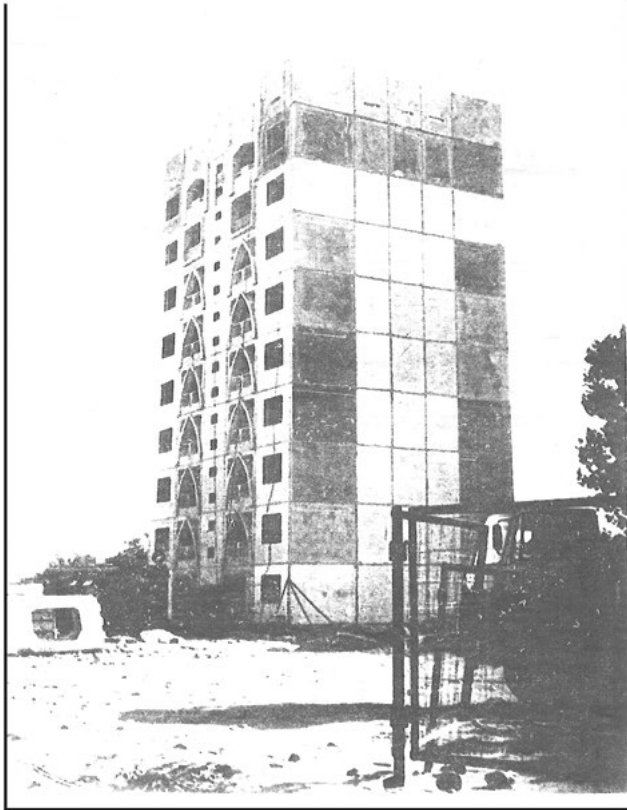


Рисунок 1 — Крупнопанельное здание серии 158

Внутренние поперечные и продольные стены из сборных железобетонных панелей толщиной 16 см из бетона марки 300. Поперечные стены установлены с шагом 3,6 м и 3,0 м. Две продольные несущие стены расположены симметрично относительно продольной оси на расстоянии 2,1 м друг от друга. Перегородки – крупногабаритные плоские панели толщиной 5 и 8 см.

Каждое здание запроектировано для районов сейсмичностью 9 баллов.

Грунтовые условия на площадке строительства – валуногалечники 2-й категории по сейсмическим свойствам. Уровень грунтовых вод 20м.

Все дома были оснащены станциями инженерно-сейсмометрической службы и получили номера, соответственно, № 20, 21, 22. На здании с КФ оборудовано 5 измерительных пунктов (1, 4, 7, 9 этажи и подвал).

Инструментальные записи землетрясений являются объективной информацией для оценки качества систем сейсмоизоляции с учетом текущей эксплуатации и технического состояния домов.

Записи ускорений выполняются аналоговыми приборами ОСП, смещений – ВБП. Инструментальные данные записываются на фотобумагу. Понятно, что цифровка инструментальных записей выполняется вручную.

В [3,4] приведены результаты анализа инструментальных записей, зарегистрированных при землетрясении 31 мая 2012 года интенсивностью 4-5 баллов, на станциях № 21 и № 22. Однако на доме-аналоге (станция № 20), удовлетворительные записи получены не были.

16 августа 2014 года почти всеми сейсмостанциями службы ИСС АО «КазНИИСА» было записано сейсмическое событие.

6 августа 2014 года в 03 час. 42 мин. сетью сейсмических станций ГУ «Сейсмологическая опытно-методическая экспедиция Комитета науки Министерства образования и науки Республики Казахстан» зарегистрировано землетрясение. Эпицентр был расположен в 41 км на восток от г. Алматы с координатами 43° 30' с.ш. и 77° 40' в.д., энергетическим классом $K = 12,0$, магнитудой $M_{PV} = 5,2$, глубина 5 км. Подземные толчки ощущались в г. Алматы 4-5 баллов по шкале MSK-64.

На сейсмостанциях № 20, 21, 22, расположенных на 9-ти этажных крупнопанельных зданиях серии 158 с фундаментами трех типов, были получены инструментальные записи указанного землетрясения. Эти инструментальные записи образовали очень удобную для изучения выборку – они получены на доме-аналоге и двух зданиях с сейсмоизолирующими фундаментами. Выборка весьма информативная, позволяющая оценить влияние конструктивного решения фундаментов на реакцию крупнопанельных зданий 158 серии.

Отобраны акселерограммы, записанные по поперечной оси здания. Проведены расчеты спектральных кривых β для каждой из записанных акселерограмм при величине декремента колебания 0,3. В таблицах 1-3 приведены параметры записанных акселерограмм на доме-аналоге и зданиях с сейсмоизолирующими фундаментами двух типов. На рис. 2-4 представлены поэтажные акселерограммы для каждого из указанных выше зданий. Заметны визуальные отличия, особенно в уровне последнего этажа.

На рис. 5 представлены спектральные кривые для каждой из приведенных выше инструментальных записей (акселерограмм).

Здание на ленточном фундаменте работает по классической модели с пропорциональным возрастанием поэтажных ускорений к последнему этажу.

Величины ускорения в уровне 9-го этажа в сейсмоизолируемых зданиях меньше на 47% аналогичной величины в здании на ленточном фундаменте. Величины ускорения в уровне 9 этажа на сейсмоизолируемых зданиях при этом совпадают.

На следующем этапе оценки эффективности систем сейсмоизоляции целесообразно выполнить расчеты спектральных ускорений. Это также позволит оценить эффект снижения сейсмических нагрузок при использовании указанных выше конструкций сейсмоизолирующих опор.

ВЫВОДЫ:

1. Здание на ленточном фундаменте работает по классической модели с пропорциональным возрастанием поэтажных ускорений к последнему этажу.
2. Величины ускорения в уровне 9-го этажа в сейсмоизолируемых зданиях меньше на 47% аналогичной величины в здании на ленточном фундаменте. Величины ускорения в уровне 9 этажа на сейсмоизолируемых зданиях при этом совпадают.
3. Максимальные величины спектрального коэффициента β для сейсмоизолируемых зданий в уровне 9-го этажа меньше аналогичной величины – для ФТ на 11%, для КФ на 63%.
4. Эффект снижения сейсмических сил в сейсмоизолированных зданиях имеет место.
5. Выявлено наличие 2-х максимумов на графиках спектральных кривых β на периодах 0,1-0,15 сек и 0,45 сек

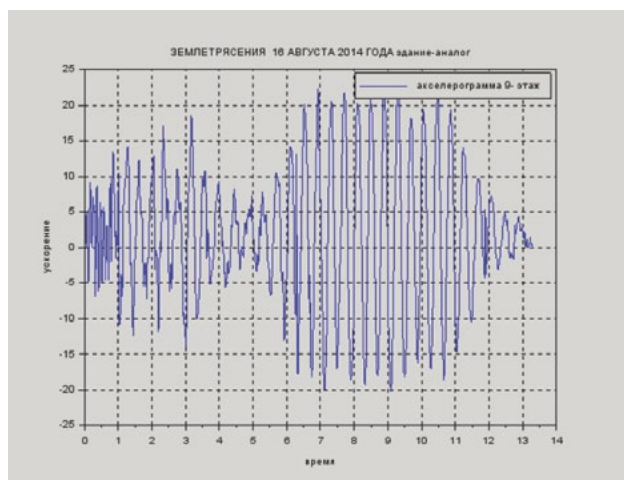
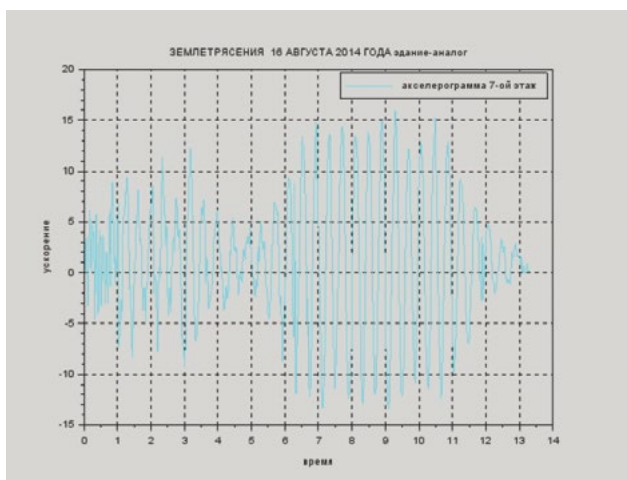
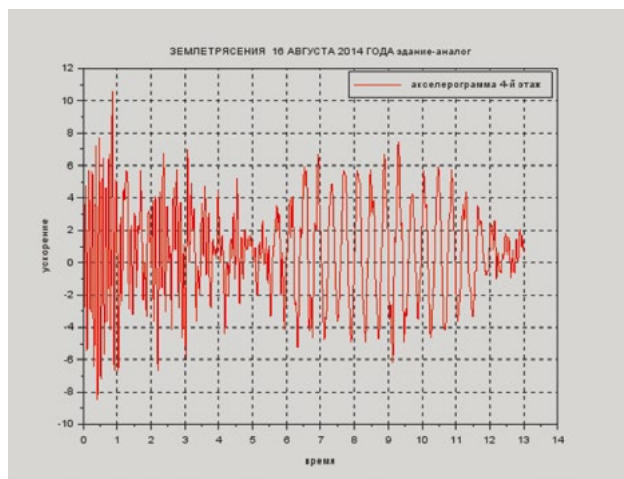
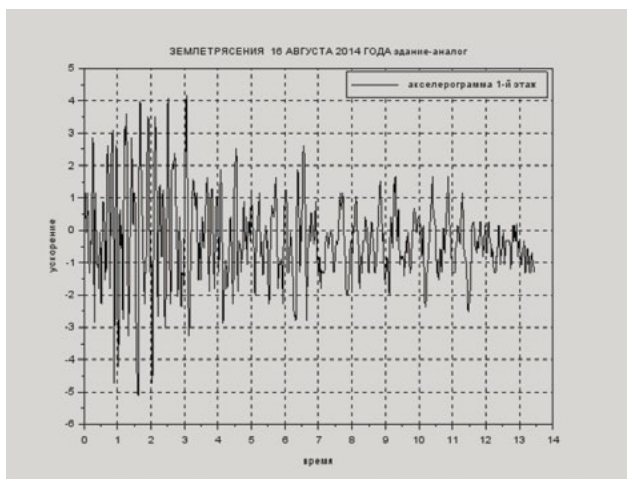


Рисунок 2 — Поэтажные акселерограммы, записанные на здании с ленточными фундаментами

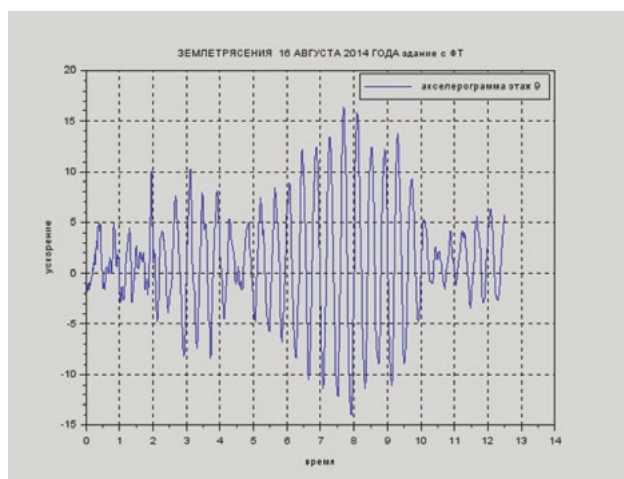
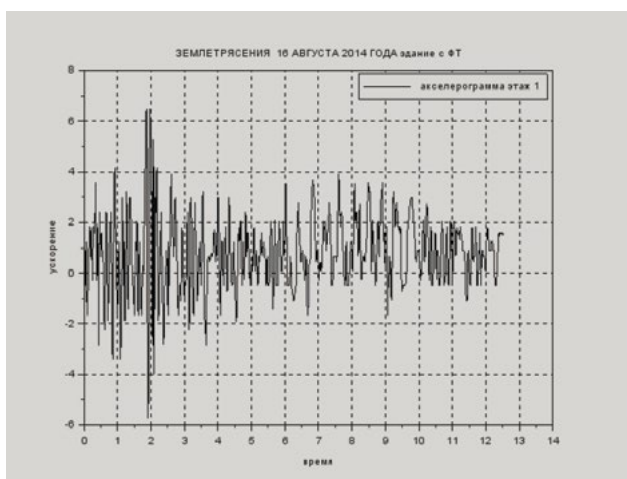


Рисунок 3 — Поэтажные акселерограммы, записанные на здании со скользящими опорами

для здания на КФ. Это может быть связано с конструктивными особенностями данного дома – наличием сейсмоизолирующих кинематических фундаментов. Аналогичный эффект имеет место и для здания со скользящими опорами. Для здания с ФТ установлено наличие 2-х максимумов на спектральных кривых β на периодах 0,13-0,14 сек и 0,044-0,47 сек. Оптимальной расчетной схе-

мой для обоих сейсмоизолированных зданий следует признать двухмассовую.
 6. Полигон АО «КазНИИСА» в г. Алматы является удобным и долговременным инструментом изучения сейсмоизолирующих свойств двух систем сейсмоизоляции. Наличие здания-аналога позволяет корректно оценивать сейсмоизолирующие свойства фундаментов.

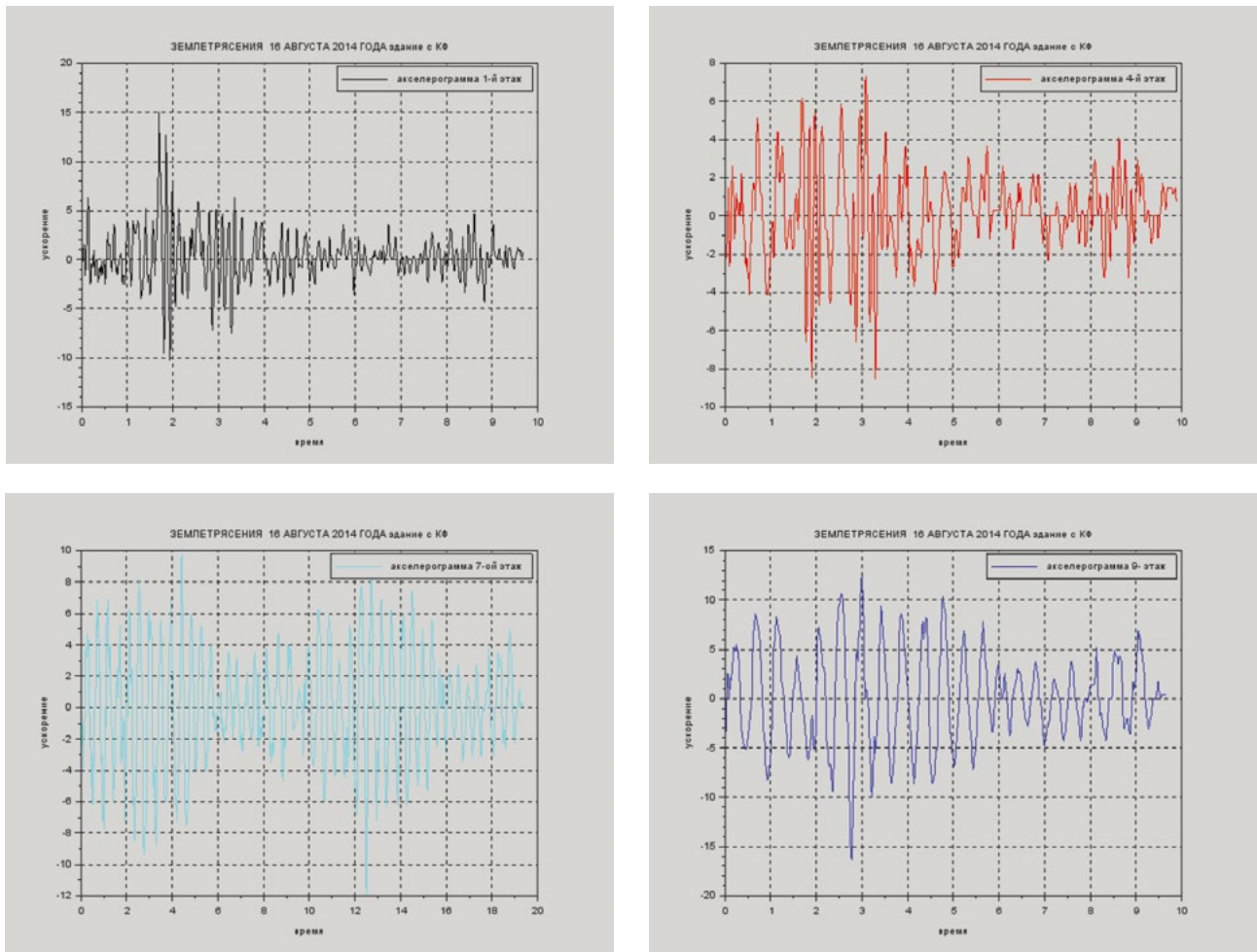


Рисунок 4 — Поэтажные акселерограммы, записанные на здании с кинематическими фундаментами

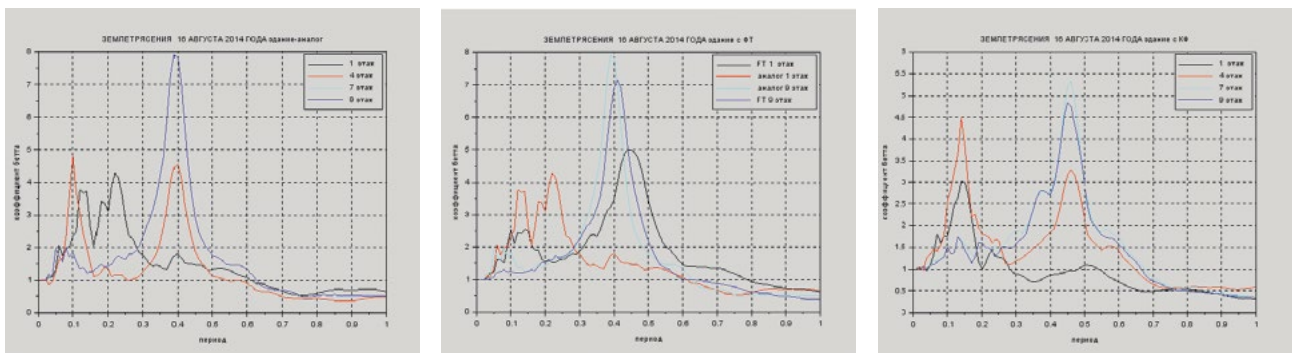


Рисунок 5 — Спектральные кривые β для поэтажных акселерограмм для зданий с различными типами фундаментов

Таблица 1 — Максимальные величины ускорений и параметры акселерограмм (здание-аналог с ленточными фундаментами, станция 20)

Запись	Ускорение, $\text{см}/\text{с}^2$	Эффективная длительность, с	Спектральный коэффициент	Период максимума спектра, с
89-A-1-1х, фундамент	5,12	6,38	4,27	0,22
89-A-4-4х, 4-й этаж	10,59	10,75	4,78(4,46)	0,10(0,39)
89-A-7-7х, 7-й этаж	16,01	10,45	7,91	0,39
89-A-9-9х, 9-й этаж	24,07	10,45	7,91	0,39

Таблица 2 — Максимальные величины ускорений и параметры акселерограмм (здание с КФ, станция 21)

Запись	Ускорение, см/с ²	Эффективная длительность, с	Спектральный коэффициент	Период максимума спектра, с
89-КФ-1-1х фундамент	15,08	1,60	3,03	0,14
89-КФ-4-4х 4-й этаж	8,53	2,81	4,50	0,14
89-КФ-7-7х 7-й этаж	11,88	14,04	5,32	0,46
89-КФ-9-9х9-й этаж	16,38	4,16	4,85	0,45

Таблица 3 — Максимальные величины ускорений и параметры акселерограмм (здание с ФТ, станция 22)

Запись	Ускорение, см/с ²	Эффективная длительность, с	Спектральный коэффициент	Период максимума спектра, с
89-ФТ-1-1х фундамент	6,48	8,57	3,62	0,14
89-ФТ-9-9х 9-й этаж	16,41	7,81	7,15	0,41

Литература

1. Черепинский Ю.Д., Лапин В.А. Основы сейсмоизоляции в строительстве. Иркутск: «Элит», 1995. 204 с.
 2. Жунусов Т.Ж., Шахнович Ю.Г., Горовиц И.Г., Королев А.Н. Экспериментальные исследования железобетонного каркаса с безбалочными перекрытиями. ЭИ, ВНИИИС, 1984. Серия 14, вып.7. С.15-20.
 3. Ержанов С.Е., Даугавет В.П., Лапин В.А. Исследование динамики сейсмоизолированного

дома с помощью станций инженерно-сейсмометрической службы // В сб. трудов Международной научно-практической конференции «Новые строительные тренды в XXI веке». Алматы, 2017. С.82-89.
 4. Ержанов С.Е., Лапин В.А., Даугавет В.П., Девярых А.А. Анализ инструментальных записей станции ИСС, полученных на здании с сейсмоизолирующими фундаментами скользящего типа // «Вестник АО «КазНИИ-СА». Вып.5(69).Алматы, 2017. С.15-21.

5. Ержанов С.Е., Даугавет В.П., Лапин В.А. Инструментальные записи землетрясения 16.08.2014 в г.Алматы // В сб. «Исследование сейсмостойкости сооружений и конструкций», вып.23(33). Алматы, 2015. С.145-163.

Материалы хранятся по адресу: 050046, Республика Казахстан, г.Алматы, ул.Солодовникова, 21 (АО «КазНИИСА»).
 Тел.8 (727) 3926896,
 e-mail: lapin_1956@list.ru

YERZHANOV S., Ph.D. in Engineering Science, Managing Director of KazNIISA JSC, Corresponding Member of the IEA and NEA (Almaty, Kazakhstan)

LAPIN V., Ph.D. in Engineering Science, Scientific Secretary of KazNIISA JSC, Corresponding Member of the IEA (Almaty, Kazakhstan)

DAUGAVET V., Sector Leader of the Engineering Seismometric Service of KazNIISA JSC (Almaty, Kazakhstan)

STUDYING THE DYNAMICS OF SEISMICALLY ISOLATED BUILDINGS WITH THE AID OF THE STATIONS OF ENGINEERING SEISMOMETRIC SERVICE

Abstract

In KazNIISA JSC studies of seismic isolating properties of buildings equipped with special earthquake protection systems are carried out at the special field test site. Displacement, velocity and acceleration measuring sensors were installed on three houses constructed with the same above-foundation part (9-storey large-panel houses of series 158), but with different foundations: conventional strip foundations with the system of cross strips, seismically isolating kinematic foundations and supports

with PTFE gaskets. On these buildings instrumental records of the earthquake were received in the transverse direction on August 16, 2014. The resulting accelerograms were used to construct spectral curves β . The possible effect of seismic isolation, as well as the influence of foundation constructions on the dynamics of buildings with foundations of conventional type and seismically isolated ones is assessed.

Keywords: seismic isolation, seismic stability, accelerogram, seismic station.

References

1. Cherepinsky Yu.D., Lapin V.A. Fundamentals of seismic isolation in construction. Irkutsk: Elite, 1995. 204 p.
2. Zhunusov T.Zh., Shakhnovich Yu.G., Gorovits I.G., Korolev A.N. Pilot studies of reinforced concrete skeleton frame with beamless floors. – M.: EI, VNIIS, 1984, Series 14, Ed. 7, P. 15-20.
3. Yerzhanov S.Y., Daugavet V.P., Lapin V.A. Dynamic study of seismically isolated house with the aid of the stations of engineering seismometric service. // In the collected papers of the International scientific and practical conference "New construction trends in the XXI century", – Almaty, 2017. – P.82-89.
4. Yerzhanov S.Y., Lapin V.A., Daugavet V.P., Devyatykh A.A. Analysis of instrumental recordings made by ESS station, obtained on the building with seismically isolating foundations of sliding type // Bulletin of "KazNISA" JSC". Ed.5(69).– Almaty, 2017. – P.15-21.
5. Yerzhanov S.Y., Daugavet V.P., Lapin V.A. Instrumental recordings of the earthquake on 16.08.2014 in Almaty // In the collected volume "Investigation of earthquake resistance of constructions and structures", Ed.23(33), Almaty, 2015. P.145-163.

Для цитирования: Ержанов С.Е., Лапин В.А., Даугавет В.П. Изучение динамики сейсмоизолируемых зданий с помощью станций инженерно-сейсмометрической службы//Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2018. № 1. С. 40-45.

For citation: Yerzhanov S.Y., Lapin V.A., Daugavet V.P. Studying the dynamics of seismically isolated buildings with the aid of the stations of engineering seismometric service // Earthquake engineering. Constructions safety. 2018. № 1. С. 40-45.

ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПУБЛИКАЦИИ В ЖУРНАЛЕ «СЕЙСМОСТОЙКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО. БЕЗОПАСНОСТЬ СООРУЖЕНИЙ»

Текст:

1. **Объем статьи** не должен превышать **40 000** знаков.
2. **Количество авторов** статьи – не более 3-х.
3. **Сведения об авторе** должны содержать: ФИО, регалии, место работы и должность, почтовый и электронный адреса, контактный телефон **на русском и английском языках**. Необходима фотография в формате TIF, JPG.
4. **Ключевые слова** к статье* должны быть **на русском и английском языках**.
5. **Аннотация** к статье должна содержать 100–250 слов **на русском и английском языках**. Аннотация на английском языке не должна полностью повторять текст аннотации на русском языке. Статья должна содержать: введение, цели задачи, методы, результаты, заключение.
6. Обязательно наличие **библиографического списка** с ссылками по тексту на русском (ГОСТ Р7.0.5–2008) и английском языках (или латиницей по правилам Scopus).
7. Обязательное приложение – **рекомендательное письмо** от организации, которую представляет автор, **рецензия** или **экспертное заключение** (для аспирантов или соискателей ученой степени кандидата наук).

Иллюстрации:

1. **Рисунки** должны быть представлены в форматах файлов (под PC): **PDF, EPS, AI, CDR**;
2. **Фото** должны быть представлены для публикации в форматах файлов (под PC): **TIFF, JPG**;
3. **Разрешение** файлов – не менее **300 dpi**;
4. **Таблицы, схемы и диаграммы** должны быть встроены в статью и иметь связи (быть доступными для редактирования) с программой, в которой они созданы (**Excel, Corel Draw**);
5. Обязательно наличие **подписей к иллюстрациям**, оформленных отдельным списком.
6. **Данные в таблицах** даются полностью **без сокращений**.
7. **Математические формулы и выражения** должны быть записаны в **Microsoft Word** или с помощью редактора **Microsoft Equation 3.0**.
8. **УДК статьи**.

Ждем ваши материалы по адресу:
109456, а/я 29, г. Москва
или по e-mail: **info@raee.su**,
т/ф.: **(499) 174–70–65**