



УДК 699.841



ЛАПИН В.О.

Канд. технічних наук, директор, Центр наукових досліджень будівельної галузі, член-кореспондент НДА РК та МІА АТ «КазНДІБА», м. Алмати, Республіка Казахстан, e-mail: lapin_1956@list.ru, тел.: +8 (727) 392-68-96



ЄРЖАНОВ С.Є.

Кандидат технічних наук, радник генерального директора з питань науки, член-кореспондент НДА РК та МІА АТ «КазНДІБА», м. Алмати, Республіка Казахстан, e-mail: serzhanov@kazniisa.kz, тел.: +8 (727) 392-75-41



ДАУТАВЕТ В.П.

Зав. сектору ІСС, АТ «КазНДІБА», м. Алмати, Республіка Казахстан

АНАЛІЗ ЕФЕКТУ СЕЙСМОІЗОЛЯЦІЇ НА ОСНОВІ РЕЗУЛЬТАТІВ ЗАПИСІВ СТАНЦІЙ ІНЖЕНЕРНО-СЕЙСМОМЕТРИЧНОЇ СЛУЖБИ НА БУДИНКАХ

АНОТАЦІЯ

Досліджується актуальне завдання оцінки сейсмоізоляційних властивостей різних систем сейсмоізоляції. В АТ «КазНДІБА» дослідження сейсмоізоляційних властивостей будівель, оснащених спеціальними системами сейсмосахисту, виконується на спеціальному полігоні. На трьох будинках з однаковою надфундаментною частиною (9-ти поверхові великопанельні будинки серії 158), але різними фундаментами: звичайними стрічковими з системою перехресних стрічок, сейсмоізоляційними кінематичними (КФ) і опорами з прокладками з фторопласту (ФТ), були встановлені в режимі очікування датчики вимірювання зсувів, швидкостей і прискорень. Локальні ґрунтові умови на ділянках будівництва цих будівель однакові і відповідають 2-му типу за сейсмічними властивостями. На зазначених будівлях в поперечному напрямку отримані інструментальні записи землетрусу 16 серпня 2014 року. Отримані акселерограми використані для побудови графіків спектральних прискорень. За спектральними кривими визначено періоди вільних коливань будівлі. Оцінюється можливий ефект сейсмоізоляції, а також вплив конструкцій фундаменту на динаміку будівель з фундаментами звичайного типу і сейсмоізоляційними. Має місце зниження сейсмічних навантажень для ФТ в 1,62 рази, для КФ в 2,4. Довговічність елементів сейсмоізоляції -

не менше 30 років. Під час наступних землетрусів оцінки зниження сейсмічних навантажень будуть істотно уточнені і посилені.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: сейсмоізоляція, сейсмостійкість, акселерограма, сейсмостанція.

ЛАПИН В.А. Канд. технических наук, директор, Центр научных исследований строительной отрасли, член-кореспондент НИА РК и МИА АО «КазНИИСА»,

г. Алматы, Республика Казахстан,

e-mail: lapin_1956@list.ru,

тел.: +8 (727) 392-68-96

ЄРЖАНОВ С.Є.

Кандидат технических наук, советник генерального директора по науке, член-кореспондент НИА РК и МИА АО «КазНИИСА»,

г. Алматы, Республика Казахстан,

e-mail: serzhanov@kazniisa.kz,

тел.: +8 (727) 392-75-41

ДАУТАВЕТ В.П.

Зав. сектора ИСС, АО «КазНИИСА»,

г. Алматы, Республика Казахстан

АНАЛИЗ ЭФФЕКТА СЕЙСМОИЗОЛЯЦИИ НА ОСНОВЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ЗАПИСЕЙ СТАНЦИЙ ИНЖЕНЕРНО-СЕЙСМОМЕТРИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ НА ЗДАНИЯХ



АННОТАЦИЯ

Исследуется актуальная задача оценки сейсмоизолирующих свойств различных систем сейсмоизоляции. В АО «КазНИИСА» исследования сейсмоизолирующих свойств зданий, оснащенных специальными системами сейсмозащиты, выполняются на специальном полигоне. На трех домах с одинаковой надфундаментной частью (9-ти этажные крупнопанельные дома серии 158), но различными фундаментами: обычными ленточными с системой перекрестных лент, сейсмоизолирующими кинематическими (КФ) и опорами с прокладками из фторопласта (ФТ), были установлены в ждущем режиме датчики измерения смещений, скоростей и ускорений. Локальные грунтовые условия на площадках строительства этих зданий одинаковые и соответствуют 2-му типу по сейсмическим свойствам. На указанных зданиях в поперечном направлении получены инструментальные записи землетрясения 16 августа 2014 года. Полученные акселерограммы использованы для построения графиков спектральных ускорений. По спектральным кривым определены периоды свободных колебаний здания. Оценивается возможный эффект сейсмоизоляции, а также влияние конструкций фундамента на динамику зданий с фундаментами обычного типа и сейсмоизолируемыми. Имеет место снижение сейсмических нагрузок для ФТ в 1,62 раза, для КФ в 2,4. Долговечность элементов сейсмоизоляции - не менее 30 лет. При последующих землетрясениях оценки снижения сейсмических нагрузок будут существенно уточнены и усилены.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: сейсмоизоляция, сейсмостойкость, акселерограмма, сейсмостанция.

LAPIN V.A. PhD, Director, the Center for Studies and Reseach in Construction, Associate member of NIA RK and IAE, KAZNIISA AO, Almaty, the Republic of Kazakhstan, e-mail: lapin_1956@list.ru, tel.: +8 (727) 392-68-96

ERZHANOV S.E.

PhD, Advisor Director General of Science, Associate member of NIA RK and IAE, KAZNIISA AO, Almaty, the Republic of Kazakhstan, e-mail: serzhanov@kazniisa.kz, tel.: +8 (727) 392-75-41

DAUGAVET V.P. ISS Section leader, KAZNIISA AO, Almaty, the Republic of Kazakhstan

AN ANALYSIS OF A SEISMIC ISOLATION EFFECT BASED ON THE RECORDS RESULTS OF ENGINEERING AND SEISMOLOGICAL MEASUREMENT SERVICES STATIONS FOR BUILDINGS

ABSTRACT

The actual problem assessment for the seismic

isolation properties of various seismic isolation systems is investigated. The studies of the seismic insulating properties of the buildings equipped with special seismic protection systems are performed at a special test site of "KazSRICA" JSC. There are three 9-storey large-panel houses of the 158 series were examined in the study. It was used three types of foundations which are a system of cross-strips foundations, seismic insulating kinematic foundations (KF) and pillars with fluoroplastic (FP) gaskets. There are sensors in standby mode for measuring displacements, velocities and accelerations in each building. The local soil conditions at the sites of these buildings are the same and correspond to II type by seismic properties. Instrumental earthquake records in August 16, 2014 were obtained in the transverse direction of these buildings. The obtained accelerograms were used to plot spectral accelerations. Periods of building free oscillations are determined by spectral curves. It is evaluated a possible seismic isolation effect as well as an effect of foundation structures on the buildings dynamics with usual and seismic isolated types of foundations. There is a decrease of seismic loads for FP by 1.62 times and for KF by 2.4. The seismic isolation elements durability is at least 30 years. The seismic load reduction evaluation will be significantly clarified and enhanced during subsequent earthquakes.

KEY WORDS: seismic isolation, seismic resistance, accelerogram, seismic station.

АКТУАЛЬНОСТЬ И ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Остаются актуальными вопросы применения, расчета и проектирования зданий с различными системами сейсмоизолирующих конструкций. Основной здесь является проблема оценки эффекта сейсмоизоляции надфундаментных конструкций в условиях реального сейсмического воздействия.

С введением в Республике Казахстан в 2015 г. новой нормативной базы в строительстве на основе Еврокодов для применения сейсмоизоляции появился полноценный нормативно-технический документ. Это глава 10 «Изоляция оснований», охватывающая проектирование сейсмоизолированных конструкций, в которых система сейсмоизоляции предназначена для снижения сейсмической реакции здания, противостоящей горизонтальным сейсмическим нагрузкам.

Отметим, что недавно принятый в связи с введением новой карты сейсмического зонирования СП РК 2.03-30-2017 «Строительство в сейсмических зонах», никак не регламентирует использование систем активной сейсмозащиты в сейсмостойком строительстве. Уход в небытие с 2020 года данного нормативного документа следует признать достаточно позитивным явлением, позволяющим применять новые конструктивные решения для сейсмоизолируемых зданий.

Тема исследования актуальна, как для Республики



Казахстан, где в сейсмоопасных районах проживает около 6 миллионов человек, так и для всех стран, где сейсмическая опасность стимулирует развитие сейсмостойкого строительства.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

В Республике Казахстан используются несколько типов сейсмоизолирующих фундаментов – кинематические фундаменты [1-3, 7], фундаменты с прокладками из фторопласта [4-5], фрикционные со сферическими поверхностями скольжения [6], а также комбинированные опоры итальянской фирмы «FIP INDUSTRIALE» [6]. Отметим также, на уровне предложения, применение платформенного робота SHOLCOR в системе активной сейсмозащиты здания [8].

В [9] с помощью измерительного оборудования «ZETLAB» на моделях испытывались различные системы сейсмоизоляции. Испытания не показали новых результатов, но вызвали интерес у молодых ученых – магистрантов и докторантов.

АО «КазНИИСА» располагает сетью инженерно-сейсмических станций на зданиях – 10 станций в г. Алматы, 1 – в г. Таразе, 1 – в г. Капшагае, инструментальные данные которых позволяют объективно оценивать поведение зданий различных конструктивных решений в условиях реального сейсмического воздействия.

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-ти этажные крупнопанельные дома серии 158), но различными фундаментами: обычными ленточными с системой перекрестных лент, сейсмоизолирующими кинематическими [1-3] и опорами с прокладками из фторопласта, были установлены станции инженерно-сейсмической службы.

Кинематические фундаменты как средство сейсмоизоляции крупнопанельных и каркасно-кирпичных зданий получили значительное распространение в Российской Федерации (РФ) и Республике Казахстан. С их применением в РФ построено свыше 300 зданий в г.г. Иркутск, Новокузнецк, Усьолье Сибирское, Шелехов, Северо-Байкальский, Тында, Южно-Сахалинск, Петропавловск-Камчатский и т. д.

В Республике Казахстан в г. Алматы на кинематических фундаментах построено свыше 20 домов и 1 в г. Шымкент.

Система сейсмоизоляции в виде опоры с прокладками из фторопласта, связанная с именами

Жунусова Т.Ж., Шахновича Ю.Г., Горовица И.Г. [4-5], была разработана и экспериментально исследована институтами КазпромстройНИИпроект и ЦНИИпромзданий. Эта система первоначально предложена для железобетонных каркасных зданий. Она выполняется с наклонными плоскостями контактирующих поверхностей с использованием пленки из фторопласта [4].

Объектами исследования являются 3 здания, образующие специальный полигон в г. Алматы, Республика Казахстан. Все здания оснащены станциями инженерно-сейсмической службы, работающими в ждущем режиме.

Типовое здание представляет собой крупнопанельный жилой дом серии 158, одноподъездная блок-секция. 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.

Каждое здание запроектировано для районов сейсмичностью 9 баллов.

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

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

Предметом исследования являются инструментальные записи зарегистрированных землетрясений.

Инструментальные записи землетрясений - это объективный источник информации для оценки качества систем сейсмоизоляции с учетом текущей эксплуатации и технического состояния домов.

Записи ускорений выполняются аналоговыми приборами ОСП, смещений – ВВП. Инструментальные данные записываются на фотобумагу. Понятно, что оцифровка инструментальных записей выполнялась вручную.

Цель исследования заключается в анализе инструментальных записей, зарегистрированных при землетрясениях на здании с обычными ленточными фундаментами (здание-аналог) и зданиями с сейсмоизолирующими фундаментами двух типов. Сопоставление, например, величин спектральных ускорений является объективной оценкой сейсмоизолирующих свойств систем сейсмоизоляции.

В [10] 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 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 $43^{\circ} 30'$ с. ш. и $77^{\circ} 40'$ 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 из 10 акселерограмм – они получены на доме-аналоге и двух зданиях с сейсмоизолирующими фундаментами. Выборка весьма информативная, позволяющая оценить влияния конструктивного решения фундаментов на реакцию крупнопанельных зданий 158 серии. В [11] выполнен анализ сейсмоизолирующих свойств зданий с применением классического спектрального метода. Максимальные

величины спектрального коэффициента β для сейсмоизолируемых зданий в уровне 9-го этажа меньше аналогичной величины для здания-аналога – для ФТ на 11%, для КФ на 63%.

Ниже анализ сейсмоизолирующих свойств выполнен по величинам спектральных ускорений.

Методы расчета сейсмоизолированных зданий предполагают наличие графиков спектральных ускорений для грунтовых условий различного типа [12].

Все акселерограммы записаны по поперечной оси здания. В Еврокоде 8 для определения сейсмических сил используются величины спектральных ускорений, поэтому вместо классических спектральных кривых β для каждой из записанных акселерограмм при величине декремента

колебания 0,314 будем определять размерные спектральные ускорения. В табл. 1-3 приведены параметры записанных акселерограмм на доме-аналоге и зданиях с сейсмоизолирующими фундаментами двух типов. В скобках приведены значения спектрального ускорения 2-го пика. Величины спектральных ускорений определялись с помощью решателей системы компьютерной математики SCILAB.

На рис. 1-3 соответственно приведены графики спектральных ускорений для поэтажных акселерограмм соответственно для дома-аналога, здания с фторопластовыми прокладками (ФТ) и здания на КФ. Визуально наблюдается снижение величин спектральных ускорений для зданий с сейсмоизолируемыми фундаментами.

Можно отметить, здание-аналог деформируется по классической одномассовой схеме с равномерным нарастанием ускорений по высоте здания. Эффективные длительности воздействия в ярусах с 4-го по 9-й этажи практически одинаковые (табл. 1).

На рис. 2 сопоставлены величины спектральных ускорений для здания на ФТ и обычных ленточных фундаментах. Имеет место эффект сейсмоизоляции

Таблица 1. Максимальные величины ускорений и параметры акселерограмм

Инструментальная запись	Ускорение, $см/с^2$	Эффективная длительность, с	Спектральное ускорение, $см/с^2$	Период максимума спектра, с
89-А-1-1х, фундамент	5,12	6,38	21,88	0,22
89-А-4-4х, 4-й этаж	10,59	10,75	50,64(48,21)	0,10(0,40)
89-А-7-7х, 7-ой этаж	16,01	10,45	126,63	0,39
89-А-9-9х, 9-ый этаж	24,07	10,45	190,34	0,39

Таблица 2. Максимальные величины ускорений и параметры акселерограмм

Инструментальная запись	Ускорение, $см/с^2$	Эффективная длительность, с	Спектральное ускорение, $см/с^2$	Период максимума спектра, с
89-КФ-1-1х, фундамент	15,08	1,60	45,76	0,14
89-КФ-4-4х, 4-й этаж	8,53	2,81	38,72	0,14
89-КФ-7-7х, 7-ой этаж	11,88	14,04	63,23	0,46
89-КФ-9-9х, 9-ый этаж	16,38	4,16	79,45	0,45

Таблица 3. Максимальные величины ускорений и параметры акселерограмм

Запись	Ускорение, $см/с^2$	Эффективная длительность, с	Спектральное ускорение, $см/с^2$	Период максимума спектра, с
89-ФТ-1-1х, фундамент	6,48	8,57	22,95	0,14
89-ФТ-9-9х, 9-й этаж	16,41	7,81	117,34	0,41

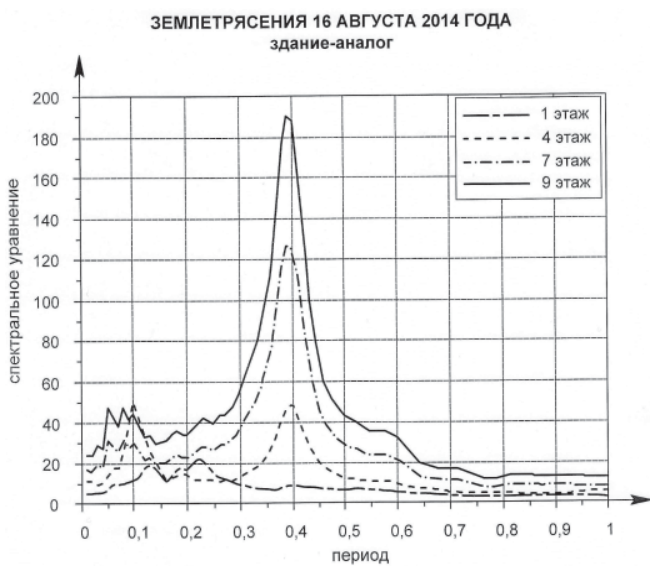


Рис. 1. Спектральные ускорения поэтажных акселерограмм для здания-аналога

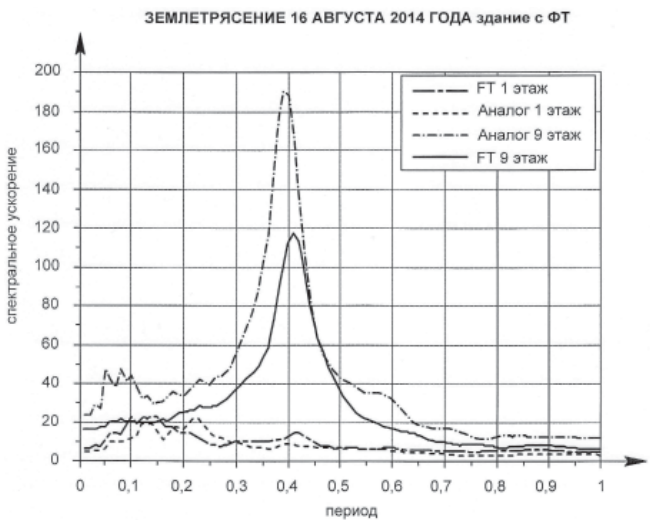


Рис. 2. Спектральные ускорения поэтажных акселерограмм для здания с ФТ

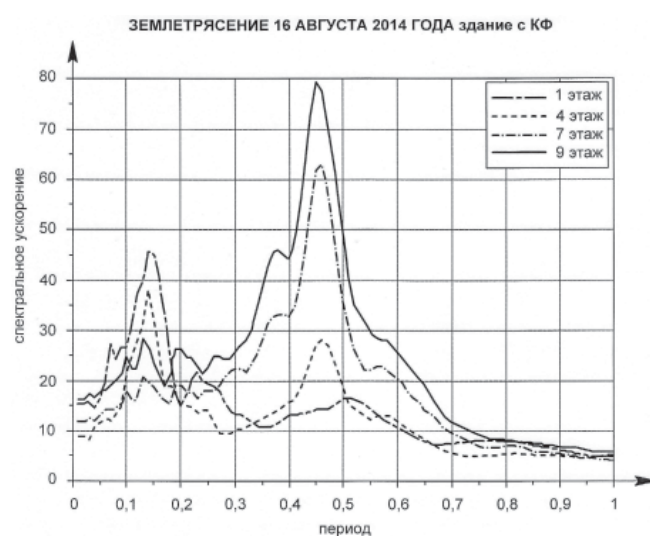


Рис. 3. Спектральные ускорения поэтажных акселерограмм для здания с КФ

– в уровне 9-го этажа величины спектрального ускорения меньше для здания на ФТ в 1,62 раза.

Сравнивая рис. 1 и рис. 3, получаем эффект сейсмоизоляции для здания на КФ. Имеет место снижение спектральных ускорений в 2,4 раза.

Предполагаемые величины снижения сейсмических нагрузок на момент проектирования и строительства зданий с системами сейсмоизоляции равны двум [1, 5]. Поэтому ожидаемые величины эффекта сейсмоизоляции в целом получены. Можно предположить, что за 30 лет эксплуатации зданий физико-механические характеристики элементов сейсмоизоляции значительно не изменились.

Полигон продолжает функционировать в режиме реального времени. При интенсивных сейсмических событиях оценки сейсмоизолирующих свойств систем сейсмоизоляции будут усилены и уточнены.

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 ускорения для сейсмоизолируемых зданий в уровне 9-го этажа меньше аналогичной величины – для ФТ в 1,62 раза, для КФ – в 2,4 раза.
4. Эффект снижения сейсмических сил в сейсмоизолированных зданиях имеет место – выводы работы [11] подтверждаются.
5. Повеличином спектральных ускорений эффект сейсмоизоляции более значительный, чем по значениям спектральных кривых β [11]. Применение сейсмоизоляции способствует повышению безопасности сейсмоизолируемых зданий.
6. Элементы сейсмоизолирующих конструкций – фторопластовый слой и кинематическая опора, сохраняют свои свойства. Долговечность элементов сейсмоизоляции не менее 30 лет.
7. Полигон АО «КазНИИСА» в г. Алматы, состоящий из 3-х однотипных зданий с различными конструкциями фундаментов, является уникальным испытательным средством, позволяющим оценивать эффекты сейсмоизоляции в условиях реальных сейсмических воздействий. По ныне действующей Карте сейсмического зонирования Республики Казахстан



медианные значения прогнозируемых ускорений на грунте в г. Алматы составляет 0,38g при повторяемости землетрясений 1 раз в 475 лет и 0,73g – при 1 раз в 2475 лет. Следует ожидать появления новых значимых результатов.

Исследования выполнялись с использованием средств гранта АР 05130702 Министерства образования и науки Республики Казахстан.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Черепинский Ю.Д., Лапин В.А. Основы сейсмоизоляции в строительстве. – Иркутск: Элит, 1995. – 204 с.
2. Черепинский Ю.Д. Экспериментальные исследования, расчетно-теоретический анализ и внедрение в строительство сейсмоизолирующих конструктивных систем КФ: автореф. дис. на соискание ученой степени д-ра технических наук. – Новосибирск, 1998. – 46 с.
3. Черепинский Ю.Д. Сейсмоизоляция жилых зданий. – Алматы: КазГАСА, 2003, 157 с.
4. Жунусов Т.Ж., Шахнович Ю.Г., Горовиц И.Г., Королев А.Н. Экспериментальные исследования железобетонного каркаса с безбалочными перекрытиями // Экспресс-информация. ВНИИИС, 1984, Серия 14. – Вып. 7. – С. 15-20.
5. Жунусов Т.Ж., Шахнович Ю.Г., Горовиц И.Г., Королев А.Н. Определение параметров сейсмоизолирующей опорной конструкции со скользящими прокладками из фторопласта // Исследование сейсмостойкости сооружений и конструкций: сб. научных тр. – Вып. 25 (35), 2017. – С. 90-99.
6. Ержанов С.Е., Лапин В.А. Системы сейсмоизоляции зданий и сооружений в Республике Казахстан и развитых странах мира // Исследование сейсмостойкости сооружений и конструкций: сб. научных тр. – Вып. 23 (33), 2015. – С. 164-192.
7. Ким Б.Н. Система сборного безригельного каркаса на кинематических фундаментах. // Новые строительные тренды в XXI веке: сб. тр. Межд. научно-практической конф. Секция «Сейсмостойкое стр-во и инженерная сейсмология». – Алматы – С. 120-125.
8. Шоланов К.С., Абжапаров К.А. Робот SHOLCOR в качестве активной опоры для системы активной сейсмозащиты // Новые строительные тренды в XXI веке: сб. тр. Межд. научно-практической конф. Секция «Сейсмостойкое стр-во и инженерная

сейсмология». – Алматы. – С. 110-114.

9. Хомяков В.А., Забаков А.А. Вопросы сейсмоизоляции зданий применением фундаментов различных типов // Новые строительные тренды в XXI веке: сб. тр. Межд. научно-практической конф. Секция «Сейсмостойкое стр-во и инженерная сейсмология». – Алматы. – С. 91-96.
10. Ержанов С.Е., Лапин В.А., Даугавет В.П. Исследование динамики сейсмоизолированного дома с помощью станций инженерно-сейсмометрической службы. // Новые строительные тренды в XXI веке: сб. тр. Межд. научно-практической конф. Секция «Сейсмостойкое стр-во и инженерная сейсмология». – Алматы, 2017. – С. 82-89.
11. Лапин В.А., Ержанов С.Е., Даугавет В.П. Изучение динамики сейсмоизолированных зданий с помощью станций инженерно-сейсмометрической службы // Техногенные и природные риски. Безопасность сооружений. – Вып. 6, 2017. – С. 33-34.
12. Фардис М., Карвальо О., Элнашай А., Фаччиоли Э., Пинто П., Плумьер А. Руководство для проектировщиков к Еврокоду 8: Проектирование сейсмостойких конструкций: Общие нормы проектирования сейсмостойких конструкций, сейсмические воздействия, правила проектирования зданий и подпорных сооружений. – М.: МГСУ, 2013. – 484 с.

REFERENCES

1. Cherepinsky, Yu.D. & Lapin, V.A. Fundamentals of Seismic Isolation in Construction. - Irkutsk: ELITE Publ., 1995 – 204 p.
2. Cherepinsky, Yu.D. Experimental studies, design and theoretical analysis and introduction of seismically isolating structural systems of kinematic foundations in construction. – Synopsis of thesis for Academic Degree of the D-r of Technical Sciences. Novosibirsk, 1998, 46 p.
3. Cherepinsky, Yu.D. Seismic isolation of residential buildings. – Алматы: KazGASA, 2003, 157 p.
4. Zhunusov, T.Zh., Shakhnovich, Yu.G., Gorovits, I.G. & Korolev, A.N. Pilot studies of reinforced concrete skeleton frame with beamless floors // Express information. VNIIS, 1984, Series 14, Ed. 7. – P. 15-20.
5. Zhunusov, T.Zh., Shakhnovich, Yu.G., Gorovits, I.G. & Korolev, A.N. Determination of the parameters of seismically isolating support structure with PTFE sliding pads //



- Studies of seismic stability of constructions and structures: col. book: Ed. 25 (35), 2017. – P. 90-99.
6. Yerzhanov, S.Y. & Lapin, V.A. Systems of seismic isolation of buildings and structures in the Republic of Kazakhstan and the world's developed countries // Studies of seismic stability of constructions and structures: col. book: – Ed. 23 (33), 2015. – P. 164-192.
 7. Kim, B.N. Precast frame system without girders on kinematic foundations // «New construction trends in the XXI century». Section «Earthquake Engineering and Engineering Seismology»: col. papers of the Intern. scientific and practical conf. – P. 120-125.
 8. Sholanov, K.S. & Abzhaparov, K.A. SHOLCOR robot as an active support for active earthquake protection system. // In the col. papers of the Intern. scientific and practical conference «New construction trends in the XXI century". Section "Earthquake Engineering and Engineering Seismology». – P. 110-114.
 9. Khomyakov, V.A. & Zabakov, A.A. Issues of seismic isolation of buildings using foundations of different types // In the col. papers of the Intern. Scientific and Practical Conference «New Construction Trends in the XXI Century», Section «Earthquake Engineering and Engineering Seismology». – P. 91-96.
 10. Yerzhanov, S.Y., Lapin, V.A. & Daugavet, V.P. Dynamic study of seismically isolated house with the aid of the stations of engineering seismometric service // In the col. papers of the Intern. scientific and practical conference «New construction trends in the XXI century». – Almaty, 2017. – P.82-89.
 11. Lapin, V.A., Yerzhanov, S.Y. & Daugavet, V.P. Dynamic study of seismically isolated buildings with the aid of the stations of engineering seismometric service / Technology-related and natural risks. Structure safety, Ed. 6, 2017. – P.33-34.
 12. Fardis, M., Carvalho, O., Elnashai, A., Faccioli, E., Pinto, P. & Plumier, A. Designer's Guide to Eurocode 8: Design Provisions for Earthquake Resistant Structures: General Design Rules for Earthquake-Resistant Structures, Seismic Effects, Rules for Design of Buildings and Retaining Works. – M.: MSUCE, 2013. - 484 p.

Статья поступила в редакцию 07.02.2019 г.