



УДК 624.042; 698.841



**ХАКИМОВ Ш.А.**

Канд. технічних наук, зав. від.,  
АТ «Ташкентський науково-  
дослідний та проектно-вишуку-  
вальний інститут житлово-  
цивільного будівництва»,  
м. Ташкент, Республіка  
Узбекистан,  
e-mail: Sh-khakimov@rambler.ru,  
тел.: +998 (712) 254-54-11

**ИБРАГИМОВ А.Х.**

Канд. технічних наук, науко-  
вий співробітник, Інститут  
сейсмології ім. Г.А. Мавлянова  
Академії наук Республіки  
Узбекистан,  
м. Ташкент, Республіка  
Узбекистан

**ИСМАИЛОВ В.А.**

Канд. технічних наук, науко-  
вий співробітник, Інститут  
сейсмології ім. Г.А. Мавлянова  
Академії наук Республіки  
Узбекистан,  
м. Ташкент, Республіка  
Узбекистан

## СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДОМОБУДУВАННЯ ТА ПРОБЛЕМИ СЕЙСМІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ЗАБУДОВИ МІСТ В ЦЕНТРАЛЬНО- АЗІАТСЬКОМУ РЕГІОНІ

### АНОТАЦІЯ

В статті наводиться досвід удосконалення технології та проблеми оцінки сейсмічної безпеки забудови міст в центральному Азіатському регіоні. Результати отримані з досвіду Узбекистану стосовно підвищення сейсмостійкості збірних залізобетонних конструкцій житлових будівель.

Враховується досвід будівництва каркасних будівель, надійність котрих раніше перевірялась експериментально для різних сейсмічних районів. Виходячи з класифікації конструктивних типів будівель, що виконана б. ТашЗНДІЕП Узбекистану, та інженерному аналізі наслідків землетрусів в Центрально-Азіатському регіоні, показано, що рівень сейсмостійкості будівель сучасної забудови на 1 – 2 бала нижче за проектний. Це зумовлено тим, що нові конструктивні системи цегельних будівель висотою 7 – 9 поверхів, що застосовуються на практиці, не відповідають сейсмостійкості, зумовленій вимогами норм з сейсмостійкого будівництва Республіки Узбекистану КМК 2.01.03-96.

В пропозиціях вказується на необхідності удосконалення карт загального сейсмічного районування (ЗСР) при належному серйозному обґрунтуванні.

Наведено спектри коливань двоповерхової каркасно-панельної будівлі та встановлені межі сейсмічних впливів в заданому діапазоні частот (рис. 4).

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** сейсmobезпека, сучасні технології зведення будівель, оцінка сейсмостійкості, критичний аналіз.

### СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДОМОСТРОЕНИЯ И ПРОБЛЕМЫ СЕЙСМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЗАСТРОЕК ГОРОДОВ В ЦЕНТРАЛЬНОАЗИАТСКОМ РЕГИОНЕ

**ХАКИМОВ Ш.А.** Канд. технических наук, зав. отд., АО «Ташкентский научно-исследовательский и проектно-изыскательский институт жилищно-гражданского строительства», г. Ташкент, Республика Узбекистан, e-mail: Sh-khakimov@rambler.ru, тел.: + 998 (712) 254-54-11

**ИСМАИЛОВ В.А.** Канд. технических наук, научный сотрудник, Институт сейсмологии им. Г.А. Мавлянова Академии наук Республики Узбекистан, г. Ташкент, Республика Узбекистан

**ИБРАГИМОВ А.Х.** Канд. технических наук, научный сотрудник, Институт сейсмологии им. Г.А. Мавлянова Академии наук Республики Узбекистан, г. Ташкент, Республика Узбекистан

### АННОТАЦІЯ

В статье приводится опыт совершенствования технологии и проблемы оценки сейсмической безопасности застроек городов в центральном Азиатском регионе. Результаты получены из



опыта Узбекистана применительно к повышению сейсмостойкости сборных железобетонных конструкций жилых зданий.

Учитывается опыт строительства каркасных зданий, надежность которых ранее проверялась экспериментально для различных сейсмических районов. Основываясь на классификации конструктивных типов зданий, выполненной б. ТашЗНИИЭП Узбекистана, и инженерном анализе последствий землетрясений в Центрально-Азиатском регионе, показано, что уровень сейсмостойкости зданий современной постройки на 1 – 2 балла ниже проектного. Это обусловлено тем, что применяемые на практике новые конструктивные системы кирпичных зданий высотой 7 – 9 этажей не соответствуют сейсмостойкости, обусловленной требованиями норм по сейсмостойкому строительству Республики Узбекистана КМК 2.01.03-96.

В предложениях указывается на необходимость усовершенствования карт общего сейсмического районирования (ОСР) при надлежащем серьезном обосновании.

Приведены спектры колебаний двухэтажного каркасно-панельного здания и установлены пределы сейсмических воздействий в заданном диапазоне частот (рис. 4).

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** сейсмобезопасность, современные технологии возведения зданий, оценка сейсмостойкости, критический анализ.

#### **MODERN HOUSEBUILDING TECHNOLOGIES AND PROBLEMS OF URBAN DEVELOPMENTS SEISMIC SAFETY IN CENTRAL ASIAN REGION**

**KHAKIMOV SH.A.** PhD, Head of Department, JSC «Tashkent research and design and survey institute of housing construction and civil engineering», Tashkent, Republic of Uzbekistan, e-mail: Sh-khakimov@rambler.ru, tel.: + 998 (712) 254-54-11

**ISMAILOV V.A.** PhD, Research Scientist, Institute of seismology named after G.A. Mavlyanov of the Republic of Uzbekistan, Tashkent, Republic of Uzbekistan

**IBRAGIMOV A.KH.** PhD, Research Scientist, Institute of seismology named after G.A.Mavlyanov of the Republic of Uzbekistan, Tashkent, Republic of Uzbekistan

#### **ABSTRACT**

The paper discusses the experience of technology improvement and the problems of urban developments seismic safety assessment in the Central Asian region. The results are obtained from the experience of Uzbekistan as applied to improving the seismic resistance of residential buildings precast reinforced concrete structures.

The construction experience concerning frame buildings, the reliability of which was previously tested experimentally for various seismic areas, is

taken into account. Based on the classification of buildings structural types elaborated at the former TashZNIIEP of Uzbekistan and the engineering analysis of earthquakes effects in the Central Asian region, it is shown that the level of modern construction buildings seismic resistance is 1 - 2 points lower than the design level. This is due to the fact that the applied in practice new structural systems of brick buildings with a height of 7 to 9 floors do not correspond to the seismic resistance requirements of the seismic construction regulations КМК 2.01.03-96 of the Republic of Uzbekistan.

In the proposals the necessity is pointed out to improve the general seismic zoning (GSZ) maps on condition of a proper serious justification.

The oscillation spectra of a two-storey frame-panel building are presented and the limits of seismic effects in a given frequency range are established (Fig. 4).

**KEY WORDS:** seismic safety, modern building production technologies, seismic resistance assessment, critical analysis.

#### **ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ**

В настоящее время в строительной индустрии, в части технологии изготовления сборных элементов, появились новые эффективные технологические приёмы, вплоть до использования робототехники. Сборные железобетонные конструкции, изготовленные с помощью новых методов, пригодны для строительства в несейсмических районах и, как правило, оказались не пригодными для целей сейсмостойкого строительства без их корректировки. И надо указать, что работы, посвященные анализу пригодности конструкций, изготовленных по новой технологии, для сейсмостойкого строительства в Центральноазиатском регионе практически отсутствуют [1, 2].

За последние 25 лет конструктивные типы жилых зданий, которыми начали застраиваться города в сейсмоактивных территориях, резко изменились. За редким исключением, еще возводятся в небольшом объеме конструктивные типы зданий, возводимые в бывшем СССР. Следует указать, что абсолютное большинство конструктивных типов жилых зданий советского периода, перед началом их массового применения, проходили тщательную экспериментально-теоретическую проверку сейсмостойкости, начиная от испытаний узлов соединений отдельных элементов до модельных и натурных экспериментальных исследований зданий на действия динамической (типа сейсмической) нагрузки.

Практически положения существующих норм проектирования основаны для зданий средней этажности: для кирпичного строительства – до 5 этажей; для железобетонных зданий – до 9-12 этажей. Надежность разработанных типовых технических решений для каждого конструктивного типа основывалась на результатах эксперимен-



та и поведения этих типов зданий при землетрясениях.

Кроме этого, начали возводить каркасные здания до 20-ти этажей с кирпичным заполнением, которые по многим параметрам не отвечают требованиям норм республик Центральной Азии.

Полноценной оценки сейсмостойкости этих и других, даже традиционных, зданий современной постройки практически не производилось.

**Целью настоящей работы** является оценка состояния уровня сейсмобезопасности современной застройки, выявление уязвимых конструктивных систем, основанных на новых технологиях, разработка новых методов оценки сейсмостойкости зданий на основе анализа записей динамических характеристик зданий различных конструктивных систем.

### РЕЗУЛЬТАТЫ АНАЛИЗА СЕЙСМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЗДАНИЙ СОВРЕМЕННОЙ ЗАСТРОЙКИ, НОВЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ, МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ

В 90-х годах прошлого столетия институтом АО «УзЛИТТИ» (б. ТашЗНИИЭП) при оценке сейсмического риска г. Ташкента в рамках международного проекта ООН «РАДИУС» была составлена классификация практически каждого конструктивного типа здания, которыми застроены города и села Центральной Азии, и они были ранжированы по степени их уязвимости и повреждаемости, в том числе, в зависимости от значений спектральных характеристик землетрясений. Достоверность данных по степени повреждаемости зданий при оценке сейсмического риска г. Ташкента не вызывала сомнений. Оценочные уровни интенсивности землетрясения, повреждаемости конструктивных систем достаточно хорошо корреспондировались с данными, принятыми в шкале MSK-64, а позже и шкале EMS-98, практически по всем рассматриваемым конструктивным типам зданий.

Может ли макросейсмическая шкала достоверно оценить интенсивность землетрясения по данным повреждаемости современных зданий, то есть построенных за последние 10-20 лет, по параметрам, отвечающим требованиям норм проектирования?

Для оценки достоверности шкалы к новостроям был выполнен инженерный анализ последствий землетрясений, произошедших в Центрально-Азиатском регионе, начиная с 2000 г., в том числе Камашинского, Узбекистан (2000-2002 г.); Луговского, Казахстан (2003 г.); Канского, Кыргызстан

(2011 г.); Туябугузского, Узбекистан (2013 г.); Марджанбулакского, Узбекистан (2013 г.). При макросейсмическом обследовании зданий по известной методике устанавливалась интенсивность землетрясений на местности. На этой местности определялась степень повреждаемости зданий современной постройки по шкале MSK и их проектная сейсмостойкость. И оказывалось, что интенсивность землетрясения значительно ниже проектной сейсмостойкости, а повреждения, полученные зданием, соответствовали предельным, то есть соответствующим расчетной сейсмичности.

Из этого инженерного анализа последствий поведения зданий современной постройки даже при не очень сильных землетрясениях следует главный вывод: на практике сейсмостойкость зданий современной постройки ниже заявленного в проекте уровня сейсмостойкости на 1-2 балла (рис. 1). Это означает, что сейсмический риск зданий современной постройки может быть значительным при возникновении землетрясений расчетной интенсивности. По мнению автора, такой вывод можно с осторожностью распространить, практически, на все сейсмоопасные территории стран СНГ. Однако это требует более детального расчетно-теоретического и экспериментального обоснования на зданиях современной постройки.

Такие изменения общепринятых явлений можно объяснить снижением со стороны правительства общего уровня финансирования и поддержки строительной науки, экспериментальных исследований, резким ухудшением качества проектирования и строительства. В условиях изменившейся социальной и государственной формации общества, в строительстве установился диктат бизнеса, псевдорынка, когда за привлекательностью фасадов зданий скрыты, как бы экономичные, но недостаточно надежные в сейсмическом



Рис. 1. Ориентировочное соотношение проектной и фактической сейсмостойкости современных зданий (Ш.А. Хакимов, 2016)



отношении конструкции жилого дома.

Надо указать, что за последние 25 лет наука и практика сейсмостойкого строительства мало изменились и не прогрессировали, за исключением активизации теоретических (за исключением экспериментальных) разработок и распространения различных программных комплексов, теоретических выкладок, основанных зачастую на математических предположениях и допущениях в расчетных параметрах данных о поведении сооружения при землетрясениях новой конструктивной системы, практически неисследованной ни экспериментально, ни землетрясением. Как строители, так и проектировщики довольствуются достижениями науки 25-летней давности.

При этом, совершенно необоснованно рекомендации, разработанные для конкретных конструктивных систем, начали применять для новых систем. Например, этажность кирпичных зданий повысилась до 7-9 этажей, начали возводить каркасные системы ограниченного применения или запрещенные вовсе такие, как: неполные каркасные системы, здания жесткого типа с гибкими этажами, безригельные каркасы, каркасно-стеновые системы.

Для указанных и других новых конструктивных систем действующие нормы не содержат достоверных данных и рекомендаций. Поэтому проекты жилых зданий, выполненных с отступлениями от требований норм, следует проектировать по специальным техническим условиям (СТУ).

Если рассмотреть, например, положения сейсмических норм Республики Узбекистана КМК 2.01.03-96 «Строительство в сейсмических районах» с изменениями 2006 года, то выясняется, что, например, значения таких расчетных параметров, как коэффициенты редуцирования и предельные относительные неупругие деформации различных систем получены по результатам экспериментов конкретно для каждого типа конструктивной системы, на проектирование которых распространяются положения норм. Для новых систем также отсутствуют и не разработаны конструктивные требования и мероприятия, назначаемые без расчетов.

Очень важным для повышения сейсмонадежности жилых зданий является развитие исследований по совершенствованию методов формирования сейсмических нагрузок в действующих нормах проектирования. Сюда входит, в первую очередь, модернизация известной таблицы 1 всех СНиПов, более точное установление категории грунтов по сейсмическим свойствам, значений приращения балльности, а также уточнение карт общего сейсмического районирования, микросейсморайонирования террито-

рий. Важно внести в нормы также характеристики землетрясений (преобладающие спектры, декременты затухания и др.).

Опыт разработки вероятностных карт общего сейсмического районирования (Россия, Украина, Узбекистан и др.), по моему мнению, не дал каких-либо эффектов в проектировании. В большинстве своем они не являются физическими, а скорее, теоретическими, не имеющими достаточного обоснования. Поэтому, строители и проектировщики России и Украины, которые вынуждены были внести вероятностные карты в свои нормы, по сути не используют при проектировании философию вероятностного проявления землетрясений определенной интенсивности. Узбекские вероятностные карты ОСР-2011 пришлось, к сожалению, отменить. Их применение привело бы, в одних случаях, к необоснованному неравномерному завышению сейсмических нагрузок от 4% до четырех раз, а в других – наоборот, к недооценке реального сейсмического воздействия, принятого в действующем нормативном документе. Составление конкретных вероятностных карт требует более серьезного обоснования и глубоких исследований.

Известен в СССР плачевный опыт внедрения новых конструктивных систем в массовое строительство без достаточного экспериментального

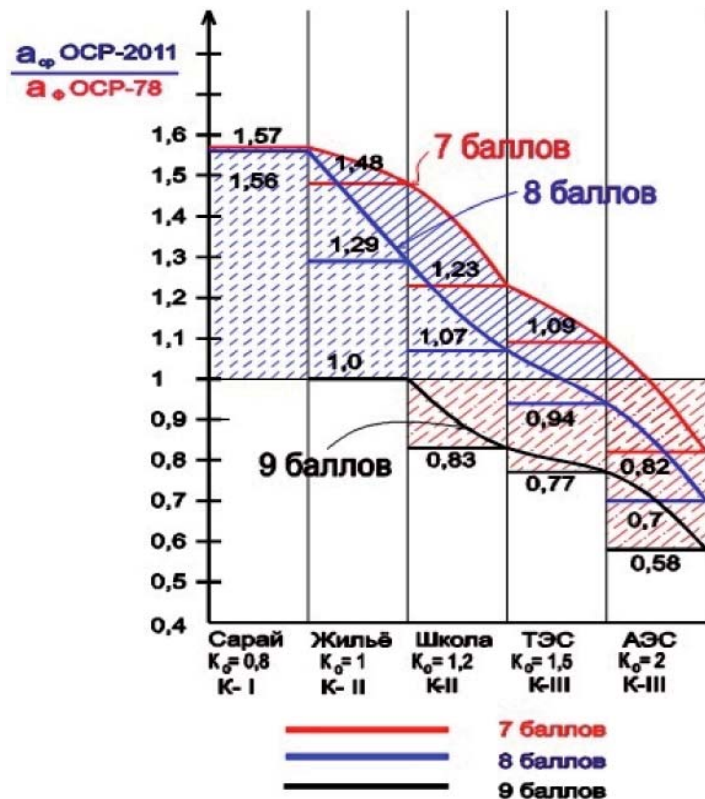


Рис. 2. Отношение средних значений ускорений для зданий по картам ОСР-2011 ( $a_{ср}$ ) к фиксированным значениям ускорений по карте ОСР-78 ( $a_{ф}$ ) с учетом коэффициентов ответственности по таблице 2.3 КМК 2.01.03-96 «Строительство в сейсмических районах»



обоснования их сейсмостойкости. Это серийный сборный каркас ИИС-04, системы, возводимые методом подъема перекрытий, системы с неполным каркасом, жесткие здания с гибким первым этажом, безригельные каркасные системы. Все здания, возведенные в указанных конструктивных системах, как известно специалистам, разрушились при землетрясениях расчетной и даже более низкой интенсивности.

Готовятся к внедрению в условиях Узбекистана, да и других, думаю, странах СНГ, новые конструктивные системы без какого-либо обоснования их сейсмической надежности, такие как: крупнопанельные системы с увеличенными шагами стен, с составным перекрытием из плит безопалубочного виброформования без выпусков и шпонок, платформенными стыками, нерегулярными схемами в плане (Белоруссия); «Иркутский каркас» сборного железобетонного каркаса со всеми недостатками, присущими уязвимому каркасу ИИС-04 со стыками в зоне максимальных усилий при сейсмических воздействиях и плитами перекрытия безопалубочного виброформования (Чебоксары); железобетонные монолитные плоскостеновые системы, изготавливаемые в тоннельной опалубке с частными поперечными стенами и практически с одной внутренней продольной стеной, с наружными стенами из утепленного гипсокартона (Турция); модульная система «KNAUF» с применением гипсокартона на гнутых тонколистовых оцинкованных металлических профилях с толщиной листа 0,7-2,0 мм для жилых домов до 7-ми этажей; объемно-блочные железобетонные жилые дома высотой более 12 этажей типа «Колпак» (Воронеж), в которых горизонтальные сварные связи имеются лишь на уровне перекрытия, а в вертикальном направлении блоки устанавливаются на слой цементного раствора толщиной 20 мм без сварки с нижним блоком (несейсмический вариант), и др.

Широко, без разрешения на то, в сейсмических районах начали использовать композитную полимерную неметаллическую арматуру. Для большепролетных конструкций стали применять гнутые тонколистовые профили и многое другое.

Свойства этих материалов практически не изучены при динамических воздействиях, в том числе работа композитной арматуры в составе конструкции. Следует заняться свойствами композитной арматуры и улучшать их. При высокой прочности, у неё более чем в 3-4 раза заниженный модуль упругости, по сравнению с металлической арматурой, и во многих случаях удлинение после разрыва менее 2%, что уже не приемлемо для конструкций, работающих в условиях сейсмических воздействий. Необходимо определить область её применения.

Тонколистовые гнутые металлические профили толщиной до 2 мм практически не изучены в

условиях динамических, да и статических воздействий, сложности имеются при редуцировании их сечений в зависимости от уровня напряженно-деформированного состояния элемента. Поэтому, даже в условиях статического воздействия много случаев опасного обрушения зданий, выполненных с их использованием.

Даже простое совершенствование технологичности свойств арматурной стали класса А400 с целью экономии легирующих добавок привело к тому, что сталь, в первоначальном виде отвечающая требованиям ГОСТ, после теплового воздействия на стройке превращалась, образно говоря, в чугун. Из-за высоко содержания углерода сталь становилась весьма хрупкой и чувствительной к динамическим нагрузкам и температурным воздействиям, что привело при монтажных работах ко многим разрушениям конструкций, в том числе с летальными исходами.

Все перечисленные выше конструктивные системы, их узлы и детали не прошли каких-либо испытаний ни на статические, ни на нагрузки, имитирующие сейсмические воздействия. Поэтому, их проектирование должно осуществляться на основании хотя бы специальных технических условий (СТУ) с обязательными последующими натурными динамическими испытаниями первого экспериментального здания с последующим анализом их результатов, как этого требуют все нормы стран СНГ.

Такая ситуация складывается, практически, во всех странах СНГ. Хотя для справедливости, следует отметить, что в Казахстане в стенах КазНИИСА проводятся испытания новых конструктивных систем на вибрационные воздействия.

Разработки и внедрение расчетов несущей способности конструкций и здания в целом, основанных на модной системе моделирования процессов работы конструктивных систем при сейсмических воздействиях, не могут достоверно оценить физические процессы, происходящие в таких неоднородных материалах и изделиях, какими являются бетон и железобетон, каменная кладка, тонколистовые гнутые стали, полимерные композитные материалы и др., особенно при динамических воздействиях.

Начиная со времен Галилея и до настоящего времени во всех развитых странах, расположенных в сейсмоактивных территориях, не отказались от экспериментальных исследований, значимость их и важность не уменьшилась и даже, наоборот, методы этих исследований совершенствуются и развиваются (Япония, Италия, Китай, Сербия, США и др.). Этому обязывает то, что мы имеем дело с такими строительными материалами, свойства которых изменчивы, конструкции из них различно ведут себя при землетрясениях в зависимости от многих факторов, которые не всег-



да поддаются правильному учету и точной оценке их надежности лишь традиционными теоретическими расчетами и предположениями.

Для частичной компенсации отсутствия экспериментальных работ и ориентировочной оценки сейсмостойкости современных зданий был использован метод Ю. Накамуры (Y. Nakamura), более известного, как метод отношений спектров горизонтальной компоненты записи к вертикальной (the Horizontal to Vertical Spectrum Ratio - HVSR) при регистрации техногенных микроколебаний [3, 4].

Были выполнены исследования сейсмостойкости различных конструктивных типов зданий. В качестве примера на рис. 3 и 4 показаны внешний вид и спектр HVSR микроколебаний каркасно-панельного двухэтажного здания школы.

На основании анализа инструментальных наблюдений по оценке сейсмостойкости зданий по методу HVSR выявлены пределы сейсмических воздействий, при превышении которых начинается структурное разрушение конструкций здания.



Рис. 3. Внешний вид учебного корпуса городской школы

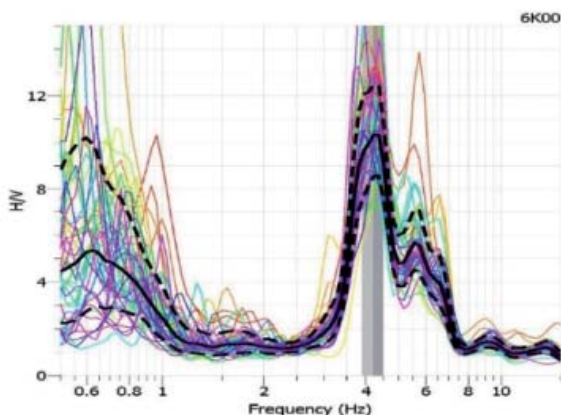


Рис. 4. Спектр HVSR микроколебаний каркасно-панельного двухэтажного здания

Установлены пределы сейсмических воздействий, выраженных в ускорениях и частотах, для различных конструктивных систем жилых и общественных зданий. Инструментально для каждого конструктивного типа зданий установлены также коэффициенты уязвимости. Практическое применение метода HVSR позволяет ориентировочно оценить состояние отдельных конструктивных элементов зданий и дать общую характеристику уязвимости зданий, что позволяет в последующем разработать мероприятия по усилению зданий и обеспечить их сейсмическую безопасность.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. КМК 2.01.03-96 «Строительство в сейсмических районах» / Госархитектстрой РУз, Ташкент, 1996. – 65 с.
2. Хакимов Ш.А. Сейсмобезопасность конструктивных систем современных жилищно-гражданских зданий Центрально-азиатского региона / Ш.А. Хакимов // Геориск. – 2017. – №1. – С. 54-60.
3. Nakamura, Y. (1989). Method for dynamic characteristics. Estimation of subsurface using Microtremor on the ground surface // Quarterly Report of Railway Techn. Research Inst. V. 30. № 1. pp. 25-33.
4. Nakamura, Y., Gurler E. Dilek, Saita J. et al. Vulnerability investigation of Roman Coliseum using microtremor // Proc. 12th WCEE 2000 in Auckland. NZ. pp. 1-8.

### REFERENCES

1. КМК 2.01.03-96 «Construction in earthquake-prone areas». Gosarkhitektstroy of the RUz. – Tashkent, 1996. – 65 p.
2. Khakimov, Sh. A. (2017). Seismic safety of modern residential buildings structural systems of Central-Asian region // GeoRisk, №1. – P. 54-60.
3. Nakamura, Y. (1989). Method for dynamic characteristics. Estimation of subsurface using Microtremor on the ground surface // Quarterly Report of Railway Techn. Research Inst. V. 30. № 1. – P. 25-33.
4. Nakamura, Y., Gurler E. Dilek, Saita J. et al. Vulnerability investigation of Roman Coliseum using microtremor // Proc. 12th WCEE 2000 in Auckland. NZ. pp. 1-8.

Статья поступила в редакцию 12.07.2018 г.