

Кыргызский государственный технический университет им. И. Раззакова

Кыргызско-Российский Славянский университет им. Б. Н. Ельцина

Диссертационный совет Д 05.23.664

На правах рукописи

УДК: 699.879.322

Маматов Жаныбек Ысакович

**Моделирование процессов повреждаемости и разрушения малоэтажных
зданий**

05.23.01 – строительные конструкции, здания и сооружения

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
доктора технических наук

Бишкек – 2024

Диссертационная работа выполнена на кафедре «Проектирование, возведение зданий и сейсмостойкое строительство» Кыргызского инженерно-строительного института им. Н. Исанова и в Научно-исследовательском институте «Сейсмостойкое строительство» Кыргызского государственного технического университета имени И. Раззакова.

Научный

Рудаев Яков Исаакович

консультант: доктор технических наук, профессор кафедры механики Кыргызско-Российского славянского университета

Официальные оппоненты: XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

доктор технических наук, профессор,
XXXXXXXXXXXXX

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

доктор технических наук, профессор,

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

доктор технических наук, профессор,

Ведущая организация: XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

Защита диссертации состоится « » 2024 г. в « » часов на заседании диссертационного совета Д 05.23.664 по защите диссертаций на соискание ученой степени доктора (кандидата) технических наук при Кыргызском государственном техническом университете им. И. Раззакова и Кыргызско-Российском Славянском университете им. Б.Н. Ельцина по адресу: 720020, г. Бишкек, ул. Малдыбаева, 34-б., ауд. 1/101, www.kstu.kg, тел: 0(312) 548566, факс: 0(312) 543561. Ссылка для доступа к видеоконференции защиты диссертации: <https://>,

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеках Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова по адресу: 720044, г. Бишкек, пр. Ч. Айтматова, 66 и Кыргызско-Российского Славянского университета им. Б. Н. Ельцина по адресу: 720000, г. Бишкек, ул. Киевская, 44 и на сайте Национальной аттестационной комиссии при Президенте Кыргызской Республики: <https://vak.kg>.

Автореферат разослан « » 2024 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета Д 05.23.664,
к.т.н., профессор

Маданбеков Н.Ж.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы диссертации. Более половины населения Кыргызской Республики проживают в сельской местности, преимущественно в горных районах. Жилые дома и строения выполнены преимущественно из глинистых материалов без соблюдения правил и норм сейсмостойкости, вследствие этого при сильных землетрясениях подвержены полному разрушению. Согласно проведенному Научно-исследовательским и проектным институтом сейсмостойкого строительства Кыргызской Республики (ныне ГИССИП) исследованию, всего 10 % домов оказались устойчивыми к сейсмическим воздействиям.

Современные нормы проектирования строительных конструкций учитывают вероятностный характер нагрузок и несущей способности конструкций только в части обработки исходных данных. Метод предельных состояний, заложенный в нормах проектирования, является полувероятностным и не обеспечивает однозначного соответствия между собственными динамическими и статическими характеристиками здания и степенью его повреждения. Это связано с отсутствием четкой классификации домов по типу, конструктивной схеме, материалу несущих стен и т. д. Указанные факторы учитываются частными коэффициентами, которые не всегда имеют достаточные теоретические и экспериментальные обоснования.

Моделирование домов должны основываться на современных нормативных требованиях, требующих тщательное их обследование, упорядочивание и классификации по типам несущих элементов конструкций в зависимости от климатических и сейсмических условий КР.

Такой подход, подразумевающий испытание классифицированных по сейсмостойкости жилых домов в лабораторных условиях, позволяет создавать их модели на основе научно обоснованного метода с соблюдением масштабного фактора. Обеспечение сейсмостойкости гражданских зданий в сельской местности всегда являлось одной из основных задач при проектировании жилых домов в сейсмоопасных зонах КР. В последнее время ее актуальность существенно возросла в связи с участвовавшими случаями землетрясений, сопровождающихся большими человеческими жертвами и огромным материальным ущербом.

Таким образом, повышение сейсмической безопасности и обеспечение необходимого уровня надежности жилых домов и строений из местных материалов в сельской местности предопределило цели и задачи настоящего исследования.

Связь темы диссертации с крупными научными программами и основными научно-исследовательскими работами. Работа выполнена в соответствии с Постановлением Правительства Кыргызской Республики от 17 января 2020 года № 14 «Стратегией развития строительной отрасли Кыргызской Республики на 2020-2030 годы», Государственной программой «Сейсмическая безопасность в Кыргызской Республике на 2012-2019 годы»,

утвержденной постановлением Правительства Кыргызской Республики, № 523 от 29.08.2011 г. и плановой научно-исследовательской тематикой кафедры «ПВЗиСС» КИСИ им. Н. Исанова при КГТУ им. И. Раззакова.

Цель диссертационной работы: построение математических моделей повреждаемости и разрушения малоэтажных домов из местных материалов при сейсмических воздействиях и разработка научно-методических и практических мер по обеспечению их конструктивной надежности в процессе эксплуатации.

Для достижения цели необходимо решить **следующие задачи:**

- оценка сейсмостойкости малоэтажных зданий, построенных из местных материалов и степени их повреждаемости при сейсмических воздействиях различной интенсивности;

- разработка классификации малоэтажных зданий, построенных из местных материалов по типам несущих конструктивных систем и по способам возведения;

- построение математической модели процессов повреждаемости малоэтажных зданий;

- экспериментальное исследование сейсмостойкости и устойчивости моделей малоэтажных домов на сейсмоплатформе, моделирующей сейсмические колебания;

- разработка комплекса практических рекомендаций по усилению существующих и вновь построенных местных глинистых домов с целью обеспечения их сейсмической безопасности.

Научная новизна полученных результатов заключается:

- разработана методика оценки объёмно-планировочных и конструктивных решений индивидуальных жилых зданий с позиции обеспечения их сейсмостойкости, основанная на нормах проектирования и результатах инженерных обследований;

- разработана классификация малоэтажных зданий, из местных материалов по типам несущих конструктивных систем и по способам возведения;

- разработаны причины образования повреждений и разрушений в основных элементах конструкций обследованных объектов, предложены технологические решения по ограничению образования повреждений и разрушений;

- разработана математическая модель повреждаемости малоэтажных зданий и позволяющая устанавливать взаимосвязь образованных дефектов и повреждений элементов конструкций домов с несущей их способностью;

- разработаны модели и технологии строительства типов индивидуальных малоэтажных жилых глинистых домов в КР, позволяющие определить безопасность от воздействия сейсмических нагрузок, новизна которых подтверждена патентами КР на изобретение: патент №90 (№20070016.2); патент №91 (№20070017.2); патент №92 (№ 20070014.2); патент №146 (№20120015.2); патент №1593 (№20120068.1). В этой связи для комплексного решения проблем малоэтажного строительства, при котором

необходимо учитывать эффективное применение местных материалов в сочетании с решением теплозащиты здания с сейсмостойкостью, предложен способ заполнения стен, на которые получены патенты КР на изобретение.

Практическая значимость полученных результатов:

- разработаны эффективные методы оценки объёмно-планировочных и конструктивных решений индивидуальных жилых зданий с позиции обеспечения их сейсмостойкости, основанные нормативным требованиям и стандартам проектирования;

- предложены рекомендации по расчету, проектированию и усилению жилых домов из саманно-сырцової кладки в сейсмических районах КР, используемых при строительстве конструктивных элементов домов из местных материалов;

- разработаны конструкторские документации, составляющие основу для обеспечения сейсмостойкости жилых зданий из местных материалов в Кыргызской Республике.

- установлено, что повышение надежности и работоспособности малоэтажных зданий достигается при использовании правильно подобранных и рекомендованных конструктивных элементов, технологий их изготовления из местных глинистых материалов и процессов возведения.

- результаты исследований способствуют решению прикладных задач, отраженных в Государственной программе «Сейсмическая безопасность в Кыргызской Республике», по рациональному и адресному распределению имеющихся ресурсов страны;

- разработаны методические пособия и рекомендации для частных застройщиков, органов местного самоуправления, а также специалистов, выполняющих исследования и практические разработки по сейсмической безопасности строительства, специалистов подразделений МЧС, инспекторов ГАСН и АПУ проектных организаций, осуществляющих обеспечение качества и сейсмостойкость строительных объектов, безопасности их эксплуатации.

Экономическая значимость полученных результатов. Работа имеет технико-экономическое и социальное значение, поскольку она направлена на сохранение самого ценного ресурса – жизни людей, а также на снижение последствий возможных землетрясений. Разработанные рекомендации, руководства, учебное пособие, брошюры на кыргызском языке и буклеты на русском-кыргызском языках способствуют повышению знаний в области обеспечения сейсмостойкости строительства при использовании их индивидуальными застройщиками и широкими слоями населения.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту:

- методы и способы оценки объёмно-планировочных и конструктивных решений индивидуальных жилых зданий с позиции обеспечения их сейсмостойкости, основанная на нормах проектирования и на основе результатов комплексных обследований;

- разработанная классификация индивидуальных жилых домов по типам несущих конструктивных систем и по способам возведения в зависимости от

региональных особенностей КР;

- предложенная классификация повреждений и дефектов, описание причин повреждений и разрушений малоэтажных зданий, построенных из местных материалов;

- теории расчета домов и строений из местных материалов, проектирование и реализация новых конструктивных элементов по результатам проведения экспериментальных исследований, улучшающих их сейсмостойчивость и технологию возведения.

- результаты серий экспериментальных испытаний на моделях домов и условное ранжирование их сейсмостойчивости, учитывающее экономическую составляющую и технологию возведения домов из местных материалов.

Личный вклад соискателя:

- организация и проведение обследований на предмет полученных повреждений и ошибок при строительстве и эксплуатации индивидуальных жилых домов в КР;

- разработка классификации индивидуальных жилых домов по типам несущих конструктивных систем и по способам возведения в зависимости от региональных особенностей в условиях КР;

- построение математической модели процессов повреждаемости малоэтажных зданий;

- проведение серии экспериментальных испытаний на моделях домов и условное ранжирование их сейсмостойчивости, учитывающее экономическую составляющую, технологию возведения и устойчивость к землетрясениям.

Апробация результатов диссертации. Основные результаты диссертации доложены на следующих международных, республиканских и региональных конференциях: по сейсмостойкому строительству, сейсмической опасности, оценке сейсмостойкости, сейсмического риска и сейсмической уязвимости (Алматы-2006-2019, Бишкек-2012-2023); по повышению осведомленности населения о ЧС, создан фильм «Усиление существующих домов из глиноматериалов» при поддержке БОФ «Хабитат-Кыргызстан» (Бишкек-20011-2014гг.). Издано учебное пособие на кыргызском языке «Коопсуз үйлөрдү тургузуу жана тургузулган үйлөрдү бекемдөөнүн ыкмалары»; I, II, III и IV-й МНТК по сейсмостойкому строительству (Бишкек-2016, 2018, 2020, 2022, 2023г.); XIV-й МНТК «Актуальные вопросы архитектуры и строительства» (Новосибирск - 2021г.); МНТК посвященной 65-летию начала подготовки инженеров-строителей и архитекторов ФПИ-КГУСТА (Бишкек-2019); IV МНПК «KAZGOR DAY 2021» посвященной 90-летию основания Проектной академии «KAZGOR»; МНТК «Транспорт: актуальные задачи и инновации», ТГТУ, Ташкент -22.04. 2021г.; VIII МНПК «Технологии, организация и управление в строительстве–2022» («Technology, Organization and Management in Construction», TOMiC–2022), НИУ МГСУ, 2022г.; II МНПК, посвященная 100-летию со дня рождения профессора В. А. Афанасьева, 21-22.02.2023г., СПбГАСУ, г. Санкт-Петербург; 26-й МК Construction The Formation Of Living Environment (FORM-2023), 5-й Ежегодной

МК “Construction Mechanics, Hydraulics And Water Resources Engineering” (CONMECHYDRO-2023), 26-28.04.2023г., Ташкент.

Достоверность результатов работы обоснована применением экспериментально-теоретических исследований, вероятностных методов математического моделирования зданий и обработкой результатов исследований на программных комплексах, допущений механики о деформируемых твердых телах и теории сейсмостойкости зданий и сооружений; сопоставлениями и аналогичностью полученных результатов исследований с ранее известными решениями ведущих ученых; удовлетворительным совпадением полученных экспериментальных результатов с результатами исследований других авторов.

Внедрение результатов исследования. Результаты работы внедрены при обследовании, проектировании, классификации и моделировании домов, построенных из местных материалов Государственным агентствам архитектуры, строительства и жилищно-коммунального хозяйства при Кабинете министров КР. Государственным институтом сейсмостойкого строительства и инженерного проектирования при Госстроя КР. Внедрены и используются в учебном процессе КГТУ им. И. Раззакова (лекции, лабораторные работы и практические занятия, выпускные квалификационные работы) при подготовке дипломированных специалистов и магистров по направлению «Строительство».

Полнота отражения результатов диссертации в публикациях. Основные результаты исследований опубликованы в 57 научных трудах, из них 5 патентов КР и 5 статей в журналах, индексируемых в Web of Science и Scopus.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения и шести глав, заключения, рекомендаций, списка использованных источников и приложений. Текстовая часть изложена на 228 страницах и приложения на 41 страницах.

В работе содержится 24 таблицы, 58 рисунков, список использованных источников из 202 наименований, в том числе 14 на английском языке.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении описаны необходимые сведения об актуальности темы, цель и задачи, научная новизна, основные положения, выносимые на защиту, практическая и теоретическая значимость работы, личный вклад автора диссертации.

В первой главе «Современное состояние малоэтажных зданий, построенных из местных материалов» представлен литературный обзор, изложены: техника и технология возведения, конструктивные особенности малоэтажных зданий; факторы, влияющие на сейсмостойкость, сейсмическая уязвимость существующей малоэтажной застройки. Рассмотрены теоретические предпосылки к расчету процессов повреждаемости и разрушения; результаты моделирования строительных конструкций. Определена цель и задачи дальнейшего исследования.

В Кыргызстане, как и в других странах Центральной Азии, местные глиняные залежи, саман, камыш, природные камни и другие являются традиционными материалами и играют важную роль при возведении объектов жилья и других сооружений, особенно в сельской местности.

Саманные дома обладают такими достоинствами, как хорошее теплоаккумулирующее свойство, низкая теплопроводность, простота изготовления и возведения, повышенная звукопоглощающая и звукоизолирующая способность, высокая огнестойкость, экологичность и низкая себестоимость а также имеются большие запасы сырья во всех регионах. Стены из глинистых материалов способствуют поддержанию в жилище постоянной влажности на 50-55 % процентов, это комфортный показатель для здоровья. В отличие от некоторых искусственных материалов глина не выделяет вредных для здоровья веществ.

Вместе с тем ряд факторов, связанных с нарушением действующих норм и правил строительства, недостаточностью информации об инженерно-геологических изысканиях, а также из-за недостаточного учёта особенностей грунтовых оснований при строительстве фундаментов приводят к разрушительным последствиям при сильных землетрясениях.

В Кыргызстане 74 населенных пункта находится в зонах возможных очагов землетрясений 9 и более баллов, в т. ч. 9 городов, 16 райцентров и 49 сел. По прогнозам ИС НАН КР активные сейсмические процессы в Кыргызстане продлятся в ближайшие годы, возможны землетрясения силой до 8-9 баллов. В связи с этим усиление имеющегося жилого фонда и строительство сейсмостойких индивидуальных домов имеет большую актуальность.

Теория, расчет и проектирование глинобитных домов основываются на известных подходах их применения к строительным конструкциям с учетом особенностей специфики изменения таких домов при сейсмических воздействиях. Общие принципиальные вопросы применения вероятностных методов к анализу надежности сооружений получили развитие в фундаментальных исследованиях В. В. Болотина и А. Р. Ржаницына.

Исследования К. С. Лосицкой, Ю.Д. Сухова, Е. И. Федорова, В. Н. Писчикова и других, что существенно продвинули решение проблемы учета сочетания нагрузок в расчетах конструкций. Разработке и введению в практику проектирования конструкции метода предельных состояний способствовали труды Н. С. Стрелецкого, а также работы В. А. Балдина, А. А. Гвоздева, В. М. Келдыша, И.И. Гольденבלата и др.

Впервые в 1926 г. М. Майер вместо расчета по допускаемым напряжениям предложил использовать методы теории вероятностей. В 1929 г. Н. Ф. Хоциалов предложил, вести проектирование конструкций, вероятности "дефектных уклонений". Существенным развитием идей М. Майера и Н.Ф. Хоциалова стали работы Н.С. Стрелецкого, М. Плата и В. Вержбицкого, А.М. Фрейденталя. Свой вклад повышению сейсмостойкости зданий и сооружений внесли следующие ученые: Я.М. Айзенберг, С.В. Поляков, Т.Ж. Жунусов, Т.Р. Рашидов, А.Г. Назаров, М.У. Ашимбаев, Ш.А. Хакимов, С.Ж. Раззаков, Ю.И. Немчинов, В.А. Ржевский, И.Ф. Ципенюк, И.И. Ведяков, А.Г. Тяпин, О.В. Мкртычев, Т.А. Белаш, А.М. Уздин, Ю.П. Назаров, А.А. Беспаяев, Т.О. Ормонбеков, М.Д. Кутуев, М.Я. Леонов, Я.И. Рудаев, Б.А. Рычков, В.С. Семенов, В.П. Чуднецов, Л.Л. Солдатова, М.Ч. Апсеметов, У.Т. Бегалиев и др.

На основе результатов анализа научно-технической информации и изучения последствий прошедших сильных землетрясений и накопленного опыта по строительству малоэтажных домов массовой застройки в горной местности систематизированы известные конструкции таких домов, технология их возведения и применяемые при этом местные материалы. На основании этого установлено, что до настоящего времени недостаточно полно изучены повреждаемость и разрушение конструктивных элементов таких домов, пути их улучшения с целью повышения сейсмостойкости к землетрясениям различной силы, параметров и продолжительности.

В процессе анализа известных вариантов сооружения малоэтажных домов в сельской местности сделан вывод, что их можно сооружать на основе по типам несущих конструктивных систем, для чего рассматриваются технологические решения, позволяющие улучшить сейсмостойкость строений из местных материалов.

Сравнительный анализ конструктивных схем существующих домов и строений, подвергнутых разрушению из-за землетрясений, позволил выявить аналогии в их составляющих конструкцию частях с точки зрения процессов характерных повреждений и разрушений.

Исследование процессов конструктивной безопасности в традиционной форме можно считать не отвечающим современным вызовам. При проектировании многоэлементных систем, решаются противодействия недопущению прогрессирующего разрушения. В нормах США и Канады введено понятие «целостности» (integrity) сооружения. Профессор Мкртычев О.В. отмечает, что целесообразно ввести понятие «живучесть» наряду с понятиями «несущая способность» и «эксплуатационная пригодность» и определить еще одну группу предельных состояний. Условия обеспечения

надежности заключаются в том, что расчетные значения нагрузок или вызванных ими усилий, напряжений, деформаций, перемещений не превышали соответствующих им предельных значений. Таким образом, проблема моделирования сейсмической нагрузки и методов расчета на сейсмостойкость требует существенной доработки и развития. Из-за приближенности теории и практикуемых методов расчета весьма актуален путь устранения разрыва между проектными и реализуемыми на практике обеспечениям живучести здания. Научная гипотеза заключается в использовании с единых позиций возможностей обеспечения сейсмостойкости малоэтажных индивидуальных жилых зданий при соблюдении объёмно-планировочных и конструктивных решений и основанных требований норм проектирования с учетом достижений строительной механики и для всего жизненного цикла зданий.

Во второй главе «Натурное изучение процессов повреждаемости и разрушения малоэтажных глинобитных зданий и сооружений» исследованы основные причины трагических разрушений жилья в сельской местности из-за землетрясений в горных регионах республики, а также систематизированы имеющиеся сведения о малоэтажных домах, построенных из местных материалов в Кыргызстане, странах СНГ и дальнего зарубежья.

В результате исследований выявлены конструктивные недостатки, усугубляющие опасность повреждений при землетрясении глиняных домов разных конструктивных решений. Анализ повреждения таких объектов после землетрясений показал, в каком направлении следует работать для повышения их сейсмостойкости.

На основе анализа статистических данных о зданиях индивидуальной жилой застройки Кыргызской Республики, составлена классификация индивидуальных жилых домов по типам несущих конструктивных систем на 4 типа. Согласно данной классификации, около 40% зданий построены из сырцового кирпича или блоков правильной формы; около 15% зданий имеют деревянный каркас с заполнением из глиноматериалов или дома, построенные по технологии «сынч»; около 25% зданий глинобитные по технологии «сокмо» и «пахса»; около 20% зданий имеют железобетонный каркас с заполнением из глиноматериалов, как показано на рисунке 1. Выявлен характер повреждений для каждого из выделенных 4 типов домов из местных материалов и причины, их вызывающие. К конструктивным недостаткам таких домов, усугубляющие опасность повреждений при землетрясениях относятся: слабое крепление надземной части домов к фундаментам; недостаточная жесткость несущих конструкций, приводящая к трещинам, перекосам и разрушению стен; низкой жесткостью обладают также чердачные перекрытия, проемы и угловые связи. Частое обрушение материала заполнения стен связано последствием ненадежного их крепления с элементами каркаса. Встречаются также горизонтальное смещение стен относительно фундаментов, вызванное недостаточным креплением нижних обвязок.

Проведенные исследования повреждений и разрушений малоэтажных домов из местных материалов в сельской местности позволили наметить пути дальнейшего повышения эффективности их строительства на основе новых технических решений отдельных конструктивных элементов массовой застройки.

Предложенная классификация глиняных домов, в основу которой положены такие признаки как: тип конструкции, схемы усиления ответственных элементов, свойства используемого местного материала и конструкция каркасного устройства, позволила установить принципиальные особенности построения домов с общностью основных составных элементов и функционального их назначения. Выявлены характерные признаки их повреждения и конструкции, меры, усиливающие сейсмостойкость домов. Установлено, что ввиду улучшенной специфики поведения саманно-сырцово-глинодержающей композиции при землетрясениях используют ее очень часто по сравнению с другими местными материалами.

Третья глава «Моделирование процессов повреждаемости малоэтажных глинистых зданий» посвящена изучению основ теории для математического описания процессов повреждаемости и разрушения и результатам исследования в этом направлении.

Общеизвестно, что постановка и решение задач безопасности строительных конструкций базируются на теории предельных состояний. Исследование процессов конструктивной безопасности в традиционной форме можно считать не отвечающим современным вызовам. Отсутствие соответствующих нормативных документов приводит к тому, что разрабатываемые новации можно отнести к запроектным воздействиям. Такие воздействия часто приводят к неожиданным отказам конструкций, что приводит к экономическому ущербу и, как правило, к гибели людей.

Анализ причины возникновения отказов, следствием которых можно считать прогрессирующие обрушения зданий и сооружений, определяет актуальность и практическую применимость постановки задач конструктивной безопасности в более детальных представлениях, чем при оценке для первой и второй групп предельных состояний.

В основном сооружение проектируется так, чтобы были обеспечены определенные рабочие параметры. Однако реальное положение не дает возможности гарантировать полное соответствие возводимого объекта к проектируемым характеристикам, понятно, что заранее ничего нельзя сказать о степени нарушения такого соответствия, однако, в определенной мере можно предусмотреть чувствительность конструкции к дефектам, как исходного состояния, так и накапливаемым в процессе эксплуатации.

Современное представление о приемлемом риске реальности разрушения объектов строительства при неординарных запроектных воздействиях, поскольку строительные конструкции и материалы относятся к полухрупким (обладающим свойствами хрупкости и пластичности), позволяет привлечь для аналитического моделирования теорию повреждаемости сооружений и ранее

известный аппарат «Теория пластического течения».

Вместе с тем, эта теория применима только к упрочняющимся и упруго-идеально-пластическим материалам и прежде всего, из-за принятия постулата Друккера. В строительных конструкциях некоторые узловые соединения, в зависимости от напряженно-деформированного состояния, ведут себя подобно полухрупкому материалу. Поведение полухрупких материалов, металлов при повышенных температурах и подавляющего большинства геоматериалов (под нагрузкой) может не соответствовать этому постулату. Поэтому такие материалы не могут быть удовлетворительно описаны теорией пластического течения.

Исследование запроектного воздействия на объекты строительства позволяет привлечь моделирование теории повреждаемости. Поэтому возникает вопрос моделирования процессов повреждаемости малоэтажных зданий с позиций синергетики.

Академиком М. Я. Леоновым исследованы соотношения между напряжениями и деформациями для полухрупких тел и явления скачкообразного перехода материалов из упругого в пластическое состояние. Хрупкие и полухрупкие строительные материалы, как известно, относятся к начально-неоднородным материалам и за пределом упругости могут быть интерпретированы как диссипативные структуры. Недостаточное знание физической природы протекающих процессов, случайное распределение дефектов в материале, а также неопределенный характер внешних воздействий, как правило, не позволяют описать нелинейные процессы деформирования полухрупких материалов прямыми аналитическими методами.

Анализ деформирования и разрушения полухрупких материалов показывает необходимость учета кооперативного (совокупного) взаимодействия различных процессов, реализуемых в диссипативной структуре. При исследовании поведения указанных материалов можно выделить несколько этапов, на первом из которых деформации предполагаются упругими, и моделируется как упруго-ортотропная среда. При этом, в условиях осевого сжатия объемная деформация, оставаясь отрицательной, растет по модулю. В области упрочнения, которой соответствует небольшая часть накопленной к моменту разрушения деформации, изменение объема по модулю убывает. Временному сопротивлению отвечает нулевое значение объемной деформации, характерное для пластичных материалов, как видно из рисунка 3.

В теориях, основанных на концепции внутренних параметров предполагается, что упругие и неупругие деформации имеют место на каждом этапе нагружения, разгрузки и повторного нагружения. При этом могут быть учтены такие особенности процесса деформирования, как чувствительность к скорости деформации, упрочнение, эффект Баушингера, зависимость от истории нагружения, обратная ползучесть, разупрочнение и т. п., встречающиеся в полухрупких материалах, при деформировании металлов при повышенных температурах и т.д.

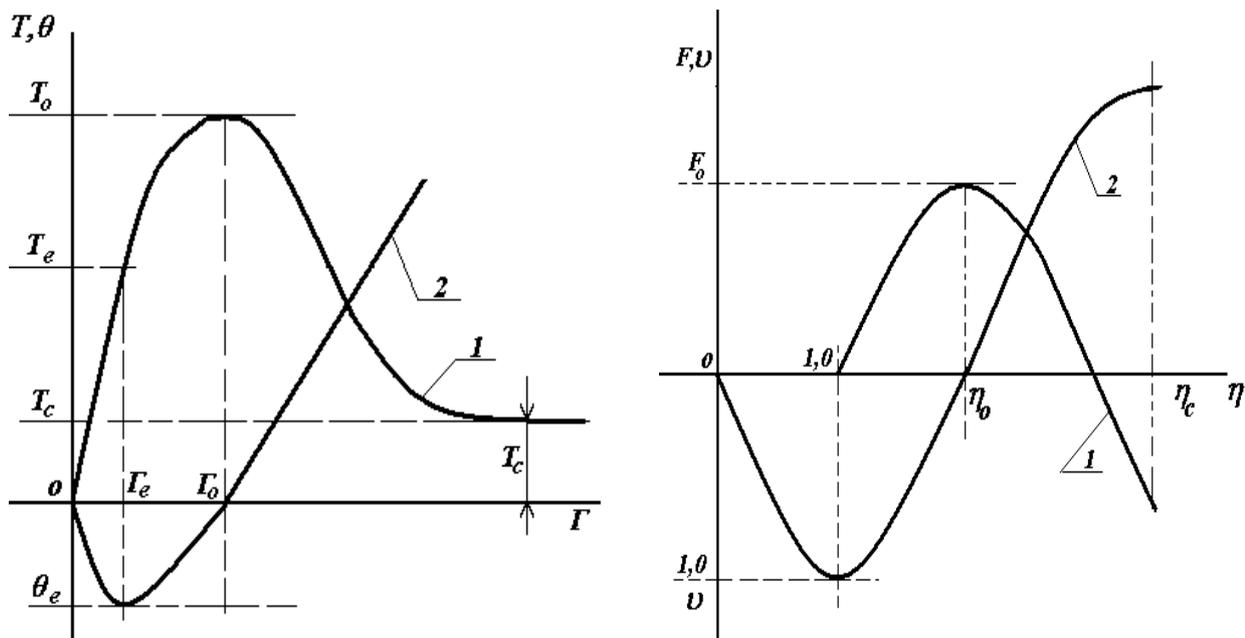


Рисунок 3 - Качественное поведение паспортных зависимостей $T(\Gamma)$ (кривая 1) и $\theta(\Gamma)$ (кривая 2) и нормировки координат $F(\eta)$ и $\vartheta(\eta)$:

где, T - касательная напряжения, Γ – деформация сдвига,
 θ - объемная деформация, F - нормированные напряжения,
 η - нормированные деформации сдвига.

Особенностью в поведении полухрупких материалов следует считать наличие запредельной области, в которой при продолжающемся росте деформаций происходит снижение напряжений. На этом, последнем этапе объемная деформация становится положительной и обладает тенденцией к возрастанию. За пределом упругости в полухрупких материалах, как и в других материалах, возникают локальные участки поверхностей скольжения, на основе развития концепции скольжения в трактовке М. Я. Леонова, в которых в процессе дальнейшего деформирования постепенно подготавливаются макроскопические разрушения. Профессором Б.А. Рычкова, отмечено, в особом случае, достигается полной пластичности, когда активным становятся две площадки скольжений, это подтверждается проведенными экспериментальными работами В.А. Паняева. А у полухрупких материалов пластическая деформация сопровождается разрыхлением, которое также поддается моделированию наглядными механическими представлениями. Внутреннюю сущность подобного явления можно смоделировать с привлечением идеализированной схемы-механизма реализации пластической деформации, восходящей к идеям Т. Кармана, С. А. Христиановича и Е. И. Шемякина. В наших исследованиях сформулированы и экспериментально обоснованы основные положения такого подхода.

Описанные здесь особенности упругопластического деформирования позволяют четче и яснее воспринимать поведение полухрупких материалов, “конструировать” механизм явлений и вводить наглядные представления. В соответствии с этим пластическую деформацию будем связывать с образованием поверхностей скольжения, близких к действиям максимальных

касательных напряжений. Поэтому диаграммы зависимости максимального касательного напряжения T от максимальной деформации сдвига Γ содержат информацию, учитывающую основные этапы упругопластического деформирования и разрушения.

Нами сформулированы и экспериментально обоснованы основные положения такого подхода. При построении определяющих соотношений нельзя обойти вниманием характерный для хрупких материалов эффект пластического разрыхления, который характеризуется зависимостью относительного изменения объема θ от деформации сдвига Γ .

Для описания закономерностей деформирования введем нормировку координат, полагая

$$F = \frac{T}{T_e} - 1, \quad \eta = \frac{\Gamma}{\Gamma_e}, \quad \mathcal{G} = \frac{\theta}{\theta_e}, \quad (1)$$

где θ_e - объемная деформация, соответствующая пределу упругости.

На основании (1) диаграммы $T(\Gamma)$ и $\theta(\Gamma)$ могут быть представлены в форме $F = F(\eta)$ и $\mathcal{G} = \mathcal{G}(\eta)$ - кривая 1, 2 на рисунке 3. Нормированные напряжения F представляют собой отклик материала на механические воздействия и реагируют на дефекты не только исходного состояния, но и появившиеся в процессе нагружения.

Теория повреждаемости сооружений может качественно и количественно оценить неразрушаемость сооружения в течение всего расчетного эксплуатационного промежутка времени, включая внезапные запроектные воздействия.

Поэтому, полагаем, что моделирование реальной нелинейной физико-механической системы динамического типа начинается с введения координат состояния $\eta_i (i \in \overline{1, k})$, называемых параметрами порядка. К ним добавляется дополнительное множество параметров F_i , имитирующих отклик на изменение параметров η_i , и представляющих собой внешние воздействия. Кроме того, предполагается наличие параметров β_i , ответственных за дефекты и повреждений (несовершенства) исходного состояния системы и развивающиеся в процессе ее эксплуатации.

В соответствии сказанному рассмотрим задачу моделирования несущей способности строительного объекта и их конструкций, которая ассоциируется с нелинейной динамической физико-механической системой.

Текущее состояние системы представляем в виде диссипативной среды, которой соответствует потенциальная функция вида:

$$\Phi = \Phi(F, \eta, \beta) \quad (2)$$

где, как принято выше, F, η - силовой и деформационно-временной факторы, β - параметр несовершенства.

Далее полагаем, что в процессе эксплуатации сооружение проходит ряд состояний, заметное изменение которых осуществляется путем смены

диссипативных структур с появлением структур более высокого порядка и сложности. Например, под воздействием землетрясения, проседания основания, подъема грунтовых вод и так далее. Аналогичный подход применялся при моделировании деформационного поведения горных пород и бетона с учетом запредельной ветви. При таком подходе вполне реально отождествлять деформационное поведение объекта с необратимыми процессами, завершающимися исчерпанием несущей способности.

Именно поэтому, как уже отмечалось выше, процесс снижения несущей способности можно рассматривать как иерархию переходов из одного устойчивого состояния в новое, совершаемое в критических точках.

По существу в процессе эксплуатации в объектах возникают синергетические эффекты, причем при медленном характере внешнего воздействия их можно отнести к самоорганизации через управляющие параметры. Переходы из устойчивого состояния в неустойчивое при динамических воздействиях (в частности, сейсмических сил) сопровождаются возникновением запроектных решений, в форме появления «странных аттракторов». Изложенные рассуждения свидетельствуют о пользе привлечения при детерминированном моделировании методов математической теории катастроф.

Динамическая модель. При формулировке модели градацию процесса эксплуатации будем рассматривать как дискретную Марковскую процедуру, в соответствии с которой последующие воздействия обусловлены лишь предыдущими событиями и не зависят от предшествующей истории нагружения.

Другими словами, потенциальную функцию (2) представим как суперпозицию потенциала $\Phi_p(F, \eta)$, ответственного за предшествующие состояния и возмущения $S(F, \eta, \beta)$, учитывающего накопившиеся повреждения (несовершенства) текущего состояния и имеем функцию, в форме :

$$\Phi(F, \eta, \beta) = \Phi_p(F, \eta) + S(\eta, \beta). \quad (3)$$

Потенциальную функцию $\Phi_p(F, \eta)$ можно считать отвечающей на данный момент некоторой совершенной системе, для которой вблизи состояния равновесия возможно разложение в ряд Тейлора вида:

$$\Phi_p(F, \eta) = \Phi_0 + \Phi_1\eta + \frac{1}{2}\Phi_2\eta^2 + \frac{1}{3!}\Phi_3\eta^3 + \dots \quad (4)$$

В общем случае выбор параметра порядка η осуществляется так, чтобы совершенная система имела состояние равновесия при $\eta=0$. Тогда должно иметь место равенство:

$$\frac{d\Phi_p(F, \eta)}{d\eta} = \Phi_1 + \Phi_2\eta + \frac{1}{2}\Phi_3\eta^2 + \dots = 0 \quad (5)$$

Таким образом, приходим к условию $\Phi_0 = \Phi_1 = 0$.

Если предположить, что нагрузка F приближается к расчетной или критической ($F \rightarrow F_c$), то потенциальная функция $\Phi = \Phi(F, \eta)$ пишется в виде:

$$\Phi_p(F, \eta) = \frac{1}{2}(F_c - F)\eta^2 + \frac{1}{3}\eta^3 + \dots \quad (6)$$

В выражении (6) произведена смена масштабов по осям F и η . Общим недостатком представления моделируемых параметров в размерном виде является то, что численные величины и соотношения между ними изменяются в зависимости от принятой системы единиц - СИ, метрической или какой-нибудь иной. Поэтому для удобства анализа они переключаются с размерных параметров на безразмерные.

Далее примем, что слагаемыми четвертой и более высоких степеней можно пренебречь из-за их малости.

Критические точки, соответствующие (6), определяются обычным способом из их соотношения:

$$\frac{d\Phi_p}{d\eta} = \eta[(F_c - F) + \eta] = 0. \quad (7)$$

Решение уравнения (6) дает два корня :

$$\eta_1 = 0; \quad \eta_2 = F - F_c \quad (8)$$

Отсюда следует, что для совершенной системы смена состояний происходит в момент, когда критические точки η_1 и η_2 проходят одна через другую.

Возмущение $S(\eta, \beta)$ представим в виде морсовского разложения. Имеем:

$$S(\eta, \beta) = \beta_1\eta + \frac{1}{2}\beta_2\eta^2 + \frac{1}{3}\beta_3\eta^3 + \dots \quad (9)$$

Формула (9) может быть представлена в канонической форме посредством соответствующей нелинейной замены. Такая замена возможна математически, но с физической точки зрения она приведет к сложной нелинейной связи между силовой составляющей F и параметрами несовершенства β_1 . Поэтому в целях упрощения отбросим в (9) все члены, кроме линейного.

Тогда потенциальная функция $\Phi(F, \eta, \beta)$ (3), моделирующая несовершенную систему, пишется так:

$$\Phi(F, \eta, \beta) = \beta_1\eta + \frac{1}{2}(F_c - F)\eta^2 + \frac{1}{3}\eta^3. \quad (10)$$

Критические точки отвечают равновесному состоянию и определяются условием:

$$\frac{d\Phi}{d\eta} = \beta_1 + (F_c - F)\eta + \eta^2 = 0. \quad (11)$$

Уравнение (11) с точки зрения теории катастроф можно рассматривать как двумерное многообразие, заключенное в пространство $|R|^3$ с

координатными осями η, F, β_1 . Состояния равновесия будут найдены для каждого $\beta_1 = const$.

Отметим, что поведение несовершенной системы зависит от знака параметра несовершенства $\beta = \beta_1$. Из решения уравнения (11):

$$\eta_{1,2} = -\frac{F_c - F}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{F_c - F}{2}\right)^2 - \beta} \quad (12)$$

видно, что при $\beta < 0$ существуют две критические точки, а при $\beta > 0$ имеется область, в которой функция (10) вообще не имеет критических точек. Последнее имеет место при выполнении условия:

$$\left(\frac{F_c - F}{2}\right)^2 - \beta < 0. \quad (13)$$

Проанализируем полученные результаты:

1. Условие $\beta \leq 0$ означает существование локально устойчивого равновесия при всех значениях внешнего воздействия и даже для сейсмических сил. Следовательно, это приводит к установлению определенного критерия, характеризующего безопасность эксплуатации объекта строительства. Например, система считается безопасной, если при критическом нагружении F_c переменные состояния (параметр порядка) превышают некоторое предписанное безопасное значение $k: |\eta| > k$.

2. При $\beta = \beta_1 > 0$ необходимость в подобной оценке отпадает, поскольку при $F = F_c$ устойчивое состояние равновесия перестает существовать. Здесь становится понятным, что чувствительность к накапливаемым несовершенствам слабо зависит от параметров β_1, β_2, \dots , и сильно – от $\beta_1 = \beta$. Поэтому принятое выше решение об исключении всех возмущений, кроме линейного (10), можно считать объективным.

3. Для несовершенных объектов, описываемых потенциальной функцией (10), при достижении внешних воздействий критического показателя F_c естественно предположить появление динамических флуктуаций, существенно снижающих несущую способность.

Например, сейсмическое воздействие может привести при $F = F_c$ к переходу системы через потенциальный барьер. По существу, динамические воздействия могут привести устойчивый случай $\beta < 0$ к потере устойчивости или неустойчивости.

Эти переходы из устойчивого состояния в неустойчивое при динамических воздействиях (в частности, сейсмических сил) сопровождаются возникновением запроектных решений, в форме появления «странных аттракторов». Точка бифуркации – это, момент неустойчивости, когда система выбирает дальнейший путь эволюции, точка, в которой происходит катастрофа (термином "катастрофа" в теории самоорганизации называют качественные скачкообразные изменения, возникающие при плавном изменении внешних

условий). Вблизи этой точки возрастает роль незначительных случайных возмущений - флуктуаций (временных отклонений от состояния равновесия), за счет чего может произойти переход системы от области притяжения одного аттрактора к другому (произойдет катастрофа). После того, как система вошла в область притяжения нового аттрактора, в ней начинаются процессы адаптации к нему, что сопровождается возникновением новых процессов и явлений.

С изложенных позиций, по аналогии возводимые сооружения и их модели можно рассматривать как структурно-неоднородные объекты, которые в соответствии с классификацией пространственно-временных диссипативных структур могут считаться локализованными пространственными образованиями, устойчиво существующими в диссипативных неравновесных средах.

В этой связи для проведения натурных испытаний на сейсмоустойчивость основных элементов таких конструкций в лабораторных условиях возникла необходимость разработки физической модели жилых домов, качественно и количественно адекватной с реальными объектами.

В четвертой главе «Физическое и численное моделирование поведения малоэтажных жилых домов при сейсмических воздействиях» приведены: описание испытательной сейсмоплатформы, физические модели домов, подверженных силовому воздействию и обработка экспериментальных исследований.

Продвижение проводимых исследований в теоретическом плане невозможно без экспериментального изучения действительной работы материалов конструкций под нагрузкой. При расчетах на сейсмостойкость возводимых домов результаты экспериментальных исследований нужны для подтверждения правильности принимаемых решений.

Используемая сейсмоплатформа предназначена для установления общих качественных закономерностей сейсмических колебаний моделей испытываемых домов разного типа, и изучение эффективности предложенных технических решений в зависимости от характера и интенсивности колебаний, задаваемых искусственным путем.

Как уже отмечено выше, движение частиц грунта при землетрясениях происходит по весьма сложной пространственной траектории и не подчиняется строгой математической закономерности. Однако практика проектирования инженерных сооружений, расположенных в сейсмических районах показывает, что достаточно учитывать сейсмическое движение в одной из главных плоскостей сооружения и при этом лишь его горизонтального компонента, как наиболее опасного для сооружения.

Сейсмическое воздействие на модели производится сейсмоплатформой. Частоты вынужденного колебания, амплитуды перемещения и ускорения платформы соответствуют частотам, амплитудам перемещения и ускорениям реальных землетрясений по шкале MSK-64.

Поэтому испытание моделей осуществляется на сейсмической платформе, воспроизводящей горизонтальные колебания по определенному

закону, достаточной степени, отвечающей требованиям экспериментального исследования вопросов сейсмостойкости. С учетом этого сейсмоплатформа, (общий вид на Рис. 4) выполнена однокомпонентной со следующими техническими характеристиками:

- источник питания переменное напряжение - 380 В;
- потребляемая мощность - 50 кВт;
- частота колебания (с защитным устройством блокировки) - $1 \div 7,3$ Гц;
- амплитуда колебаний - $0,14 \div 2,1$ см;
- грузоподъемность - 15 т;
- габаритные размеры стола, мм: – 4200x4200x800.

Сейсмоплатформа состоит из двух основных частей: электрической и механической. Электрическая часть содержит три блока.

Механическая часть. Регулируемое напряжение с блока 2 поступает в электродвигатель постоянного тока блок 1, создавая вращательное движение кардана, который в свою очередь соединен с редуктором. Редуктор содержит два вала вращения, к которым закреплен дебалансы. Каждый из дебалансов состоит из двух дисков, позволяющих уменьшать кинематический момент и возмущающую силу от максимума до 0 путем смещения дисков дебаланса относительно друг друга от 0^0 до 180^0 . На дебалансах предусмотрена возможность распределения массы 8 ми фиксированными положениями, а также предусмотрена возможность установки дополнительных сегментов, предназначенных для увеличения кинематического момента. Корпус редуктора жестко закреплен с основанием стола сейсмоплатформы.

Для регистрации вынужденных колебаний модели дома использована цифровая измерительная аппаратура GioSIG с акселерометром Guralp CMG-5T, которые были установлены в двух точках: на сейсмоплатформе и на уровне покрытия.

Физические модели испытуемых домов выбраны из условия равенства периодов собственных колебаний модели и натуре (оригинала) по методу моделирования сооружений на сейсмические воздействия А.Г. Назарова. Если это условие выполняется, то модель называется физически подобной оригиналу, а также модель называется геометрически подобной оригиналу, если она представляет собой уменьшенное (или увеличенное) повторение оригинала. Можно говорить о соответствующих точках в модели и оригинале и соответствующих прямым или кривых, о соответствующих поверхностях и соответствующих объемах.

Для разработки модели и уравнения связи, начальные, граничные и предельные условия вводятся в масштабные преобразования, а затем из условия инвариантности этих выражений к масштабным преобразованиям устанавливается связь между масштабами.

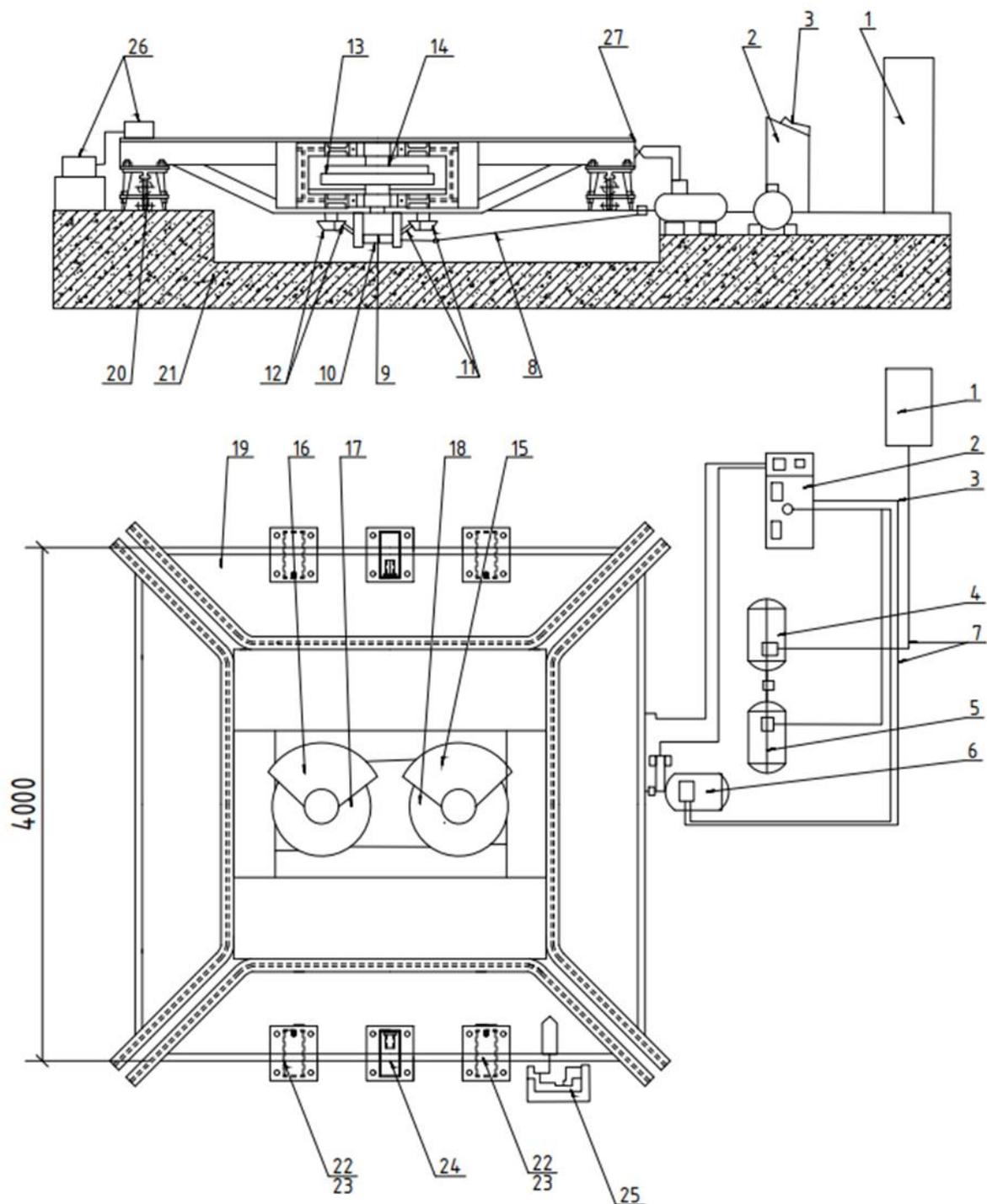


Рисунок 4 - Схема испытательной платформы: 1 - силовой шкаф, 2 - панель управления, 3 - рукоятка латора, 4 - электродвигатель трехфазного тока, 5 - генератор постоянного тока, 6 - электродвигатель постоянного тока, 7 - силовые кабели, 8 - карданный вал, 9 - редуктор дебалансов, 10 - вал редуктора, 11-12 - конические зубчатые передачи, 13-14 - валы дебалансов, 15-16 - дебалансы основные, 17-18 - дебалансы вспомогательные, 19 - сеймоплатформа, 20 - опора, 21 - фундамент, 22 - пневматический амортизатор, 23 - опора амортизатора, 24 - упор предохранительный, 25 - регистрация видимой записи, 26 - акселерометр типа GeoSIC, 27 - визуальный индикатор частотомер.

Линейная теория базируется на мысли, что явления в натуре (в реальных условиях) и в модели описывается буквально одинаковыми математическими выражениями, поэтому при переходе от выражений, справедливых для природы, к выражениям, справедливым для модели, подобной натуре, должны изменяться только индексы. Рассмотрим это на примере.

Пусть, например, для природы справедливо дифференциальное уравнение:

$$\frac{d^4 \omega_N}{dx_N^4} = \frac{q_N}{E_N I_N} \quad (14)$$

Введем масштабные преобразования:

$$\omega_N = C_\omega \omega_M; \quad x_N = C_x x_M; \quad q_N = C_q q_M; \quad E_N = C_E E_M; \quad I_N = C_I I_M,$$

где, C_ω , C_x , C_q , C_E , C_I - масштабы, представляющие собой отношение одноименных величин в натуре и в модели (индексы означают, что данная величина относится соответственно к натуре или к модели).

Имеем:
$$\frac{C_\omega}{C_x^4} \cdot \frac{d^4 \omega_M}{dx_M^4} = \frac{C_q}{C_E C_I} \cdot \frac{q_M}{E_M I_M} \quad (15)$$

В соответствии с вышеуказанным получаем условие, связывающее масштабы:

$$\frac{C_\omega}{C_x^4} = \frac{C_q}{C_E C_I} \quad (16)$$

Здесь изложен только принцип получения условий подобия на основе линейной теории, поскольку методы нелинейного подобия практически еще не развиты. При этом условии обе части равенства (14) можно разделить на $\frac{C_\omega}{C_x^4}$

Для модели будем иметь выражение

$$\frac{d^4 \omega_M}{dx_M^4} = \frac{q_M}{E_M I_M}, \quad (17)$$

отличающееся от (14) только индексами. Таким же образом надо обработать все равенства и неравенства, входящие в исходную постановку задачи.

Используя эти подходы, для проведения испытаний была изготовлена одноэтажная модель дома из железобетонного каркаса с заполнением глиносоломенной массы. Размеры модели дома в плане 3 x 4 м (рисунок 5), размеры колонн сечением 25x25 см, а толщина стен 25 см. Опирание перемычек 30 см.

Стены модели оштукатурены шпаклевкой толщиной 2-2,5 мм. В стенах имеются дверные и оконные проемы. В качестве антисейсмического пояса служит обвязочный пояс на уровне верха колонн. Вместо перекрытий уложены деревянные балки сечением 150x50 мм, стропила сечением 150x50 мм, обрешетка сечением 50x50 мм. Кровля модели двухскатная. Приготовление Глиняная смесь готовилась в специальном корыте размером 2,5x2,5x0,7 метра. Смесь была выдержана в течение 7 дней для достижения необходимой консистенции. После чего укладывалась на установленные опалубки и уплотнялась вручную. Толщина стен регулировалась размерами опалубки, которую перед установкой тщательно очищали.

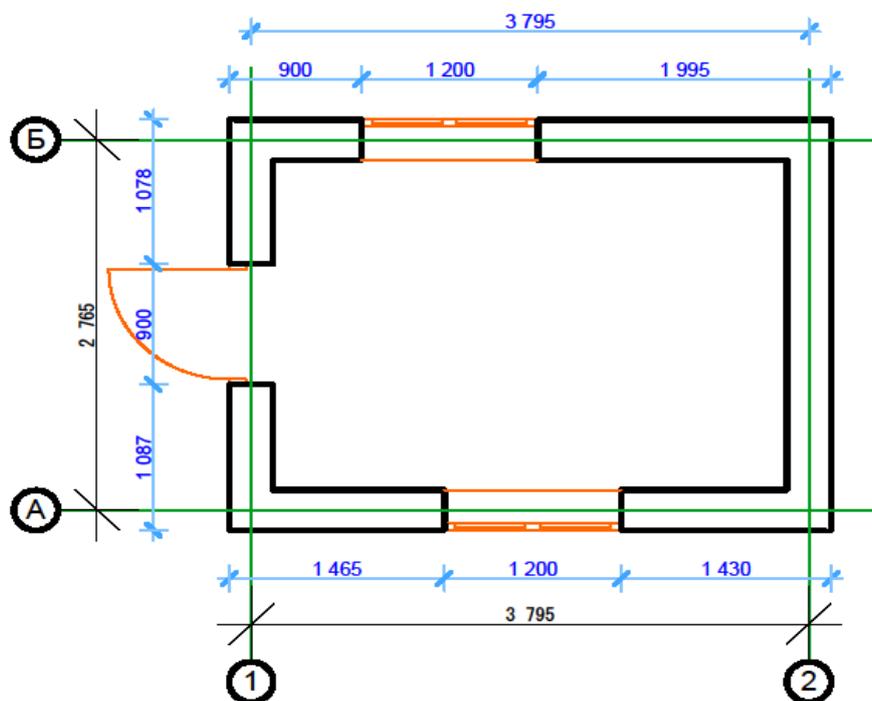


Рисунок 5 - План макета дома

В данной экспериментальной работе рассмотрены примеры применения пакета прикладных программ Matlab, позволивших обработать экспериментальные данные и записи землетрясений, получаемые из инженерно-сейсмометрических станций и т.д.

Как и всякая программа под операционную систему Windows данная программа состоит из двух взаимосвязанных частей: 1) интерфейса программы и 2) функционального обеспечения управления событиями, происходящими в интерфейсе. Интерфейс программы включает 5 кнопок: 1) Dom; 2) Acceleration; 3) Chastoty; 4) Peremechenia; 5) Animation.

После построений на интерфейсе начинается разработка функциональной части программы. В этом разделе на каждую кнопку пишется соответствующая функция, которая должна выполняться при нажатии на эту кнопку. Далее приводится часть программы, разрабатывающая данный интерфейс, который приводится с пояснениями. Здесь производится инициализация данных:

1. Ввод данных об ускорениях при испытаниях модели дома на сейсмоплатформе (рисунок 6);

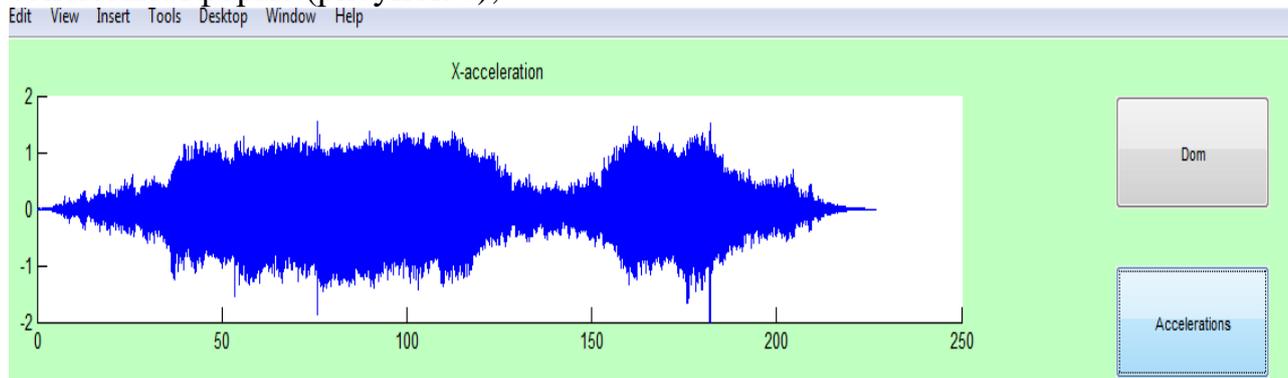


Рисунок 6 - Ввод данных об ускорениях в окно

2. Интегрирование данных и получение смещений при данном землетрясении. Здесь производится быстрое преобразование Фурье и находятся основные частоты при данном землетрясении (рисунок 7).

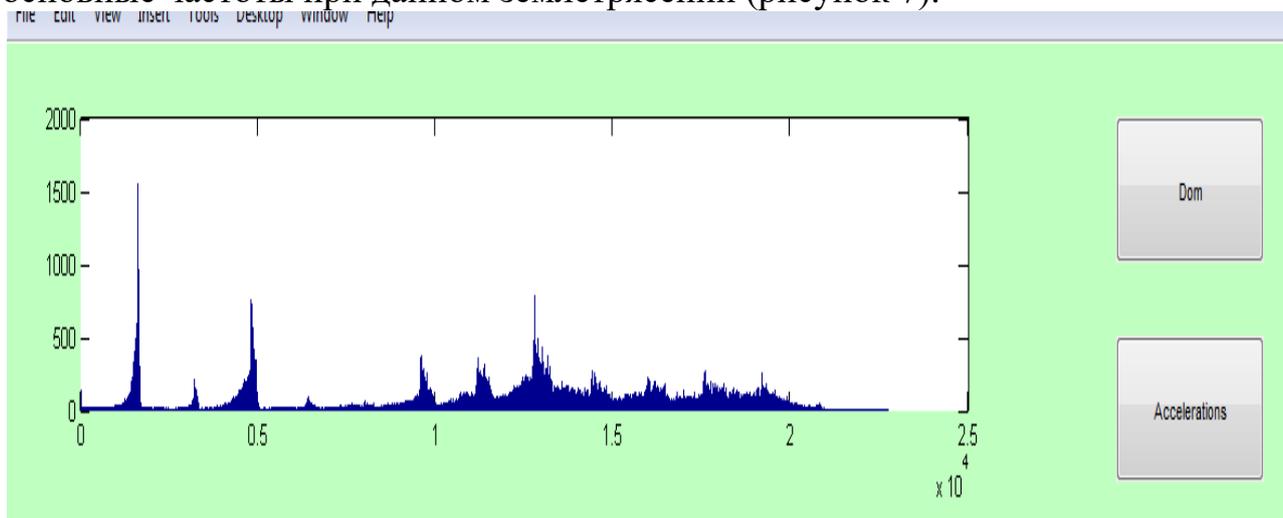


Рисунок 7 - Преобразованные данные основных частот

В нашем случае моделирование землетрясения производится сейсмоплатформой, у которой происходит только горизонтальное гармоническое колебание в одном направлении. Определены только ускорения на сейсмоплатформе и на покрытиях моделей домов в одном направлении В-З, по записям колебаний и построены спектры реакций для определения преобладающих основных частот при колебаниях моделей.

Построение окна и осей координат для изображения перемещений точек в пространстве и анимация модели дома выполняется при записях реальных землетрясений, а в нашем случае рассматриваются колебания только в одном направлении и анимация модели не показана.

В пятой главе «Экспериментальные исследования и результаты испытания моделей домов на сейсмоплатформе» изложены результаты экспериментальных исследований на моделях 4 типов домов, построенных из местных материалов.

Модели домов определены и выбраны из условий равенства периодов собственных колебаний моделей и оригиналов (реальных домов), а также подбором размеров моделей по геометрическому моделированию, указанных в четвертой главе.

1. Модель дома, стены которых возведены из кирпича-сырца или блоков правильной формы. Стеновым материалом для возведения первой модели дома был выбран кирпич-сырец с тремя полыми отверстиями, размером 0,085×0,12×0,25 м и массой более 4 кг, подготовленный к последующему обжигу (рисунок 8). При испытаниях модели на сейсмоплатформе спектры сигналов колебаний показывали две горизонтальные и вертикальные составляющие движения вдоль главной оси здания. при этом лишь его горизонтального компонента, как наиболее опасного для сооружения.



а)



б)

Рисунок 8 - Вид модели дома из кирпича-сырца: а) законченный вид; б) фрагмент стены.

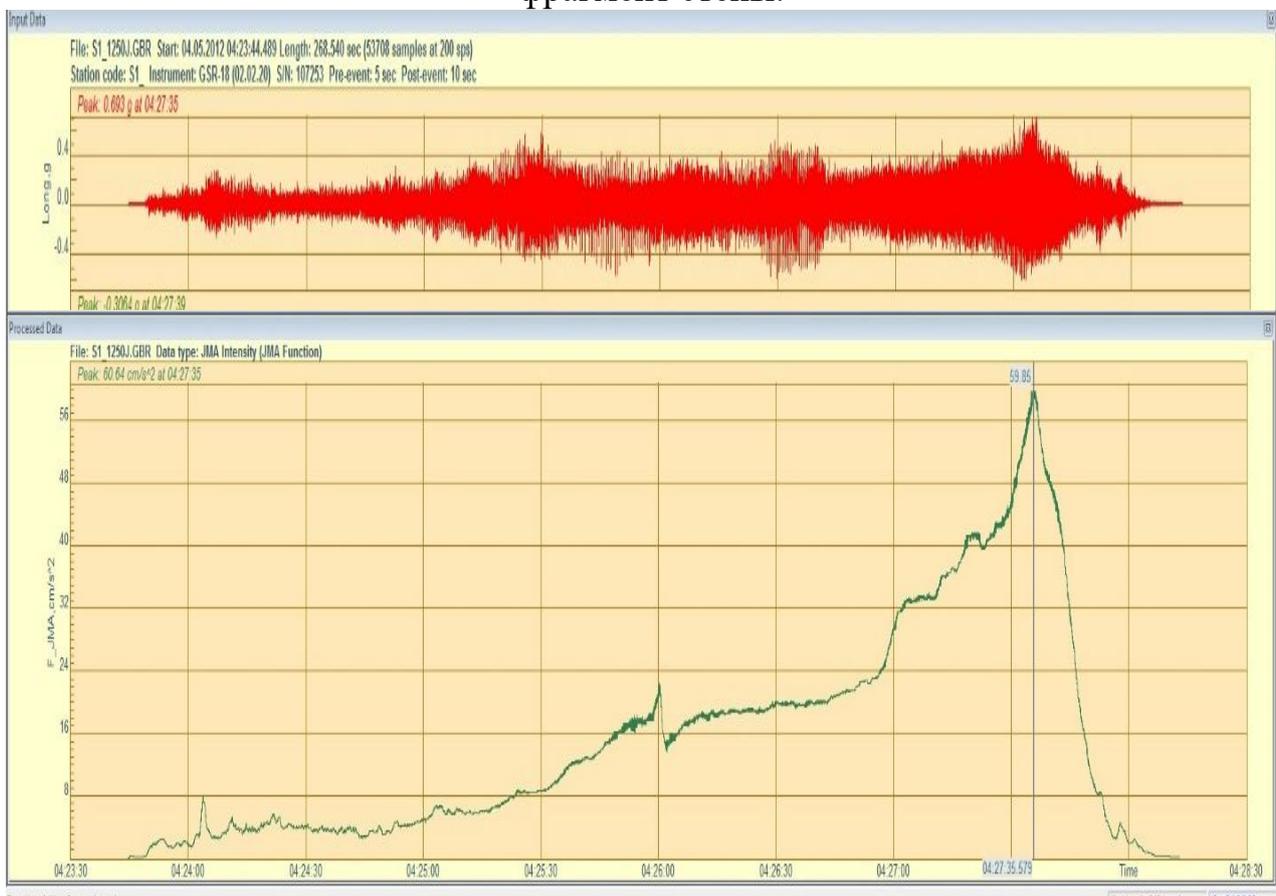


Рисунок 9 - Запись интенсивности колебаний сейсмоплатформы на модели дома из «кирпича сырца», ускорение - 60 см/с^2 .

Рисунок 10 показывает соответствие этих значений ускорений в баллах различным шкалам сейсмической интенсивности. Интенсивность сейсмического воздействия сейсмоплатформы составляет 6,1 баллов по шкале MSK-64.

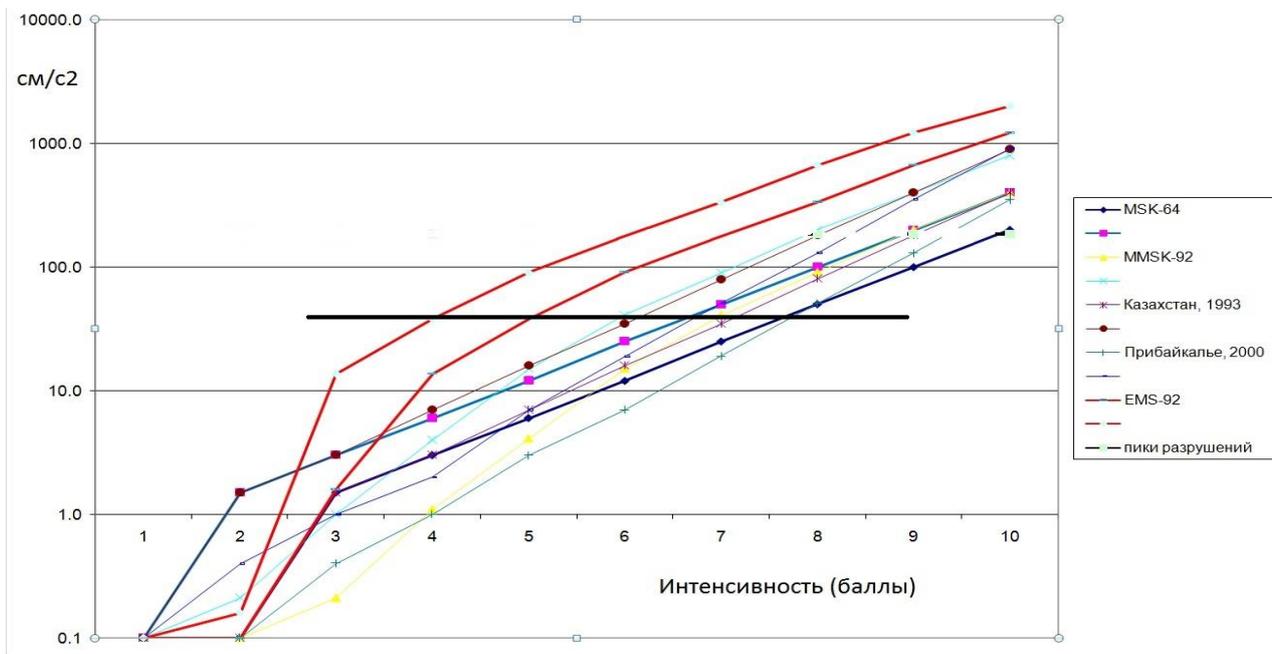


Рисунок 10 - Величина интенсивности (баллов) колебаний на сеймоплатформе 60 см/с^2 на модели дома из «кирпича-сырца» в различных шкалах сейсмической интенсивности

Спектры проанализированы (рисунок 10) по записям датчиков, установленных на колоннах по одной вертикальной линии, на разных частотных диапазонах (1-2 Гц; 3-5 Гц; 6-9 Гц). Они включают в себя основные резонансные пики (в прямом и обратном режимах).

2. *Модель дома с деревянным каркасом, заполненным глиноматериалом («Сынч»).* Сынчевый дом представляет собой деревянный каркас (рисунок 11), состоящий из нижних и верхних балок-лежней, балок-стоек, распорок и имеющий заполнение из глинистых материалов. В качестве материала для заполнения пространства внутри каркаса использовали глину с добавлением пенопластовых шариков (пенополистирол) плотностью $15\text{-}20 \text{ кг/м}^3$ для уменьшения массы стенового заполнения.



Рисунок 11 - Модель дома «сынч» и фрагмент его строительства

Амплитудно-частотные спектры колебаний модели дома «сынч» на уровне покрытия в пределах двух выбранных отрезков приведены на рисунке 12. Преобладающая частота для 1 отрезка $f=7,5$ Гц или период $T=0,133$ сек.; для 2 отрезка преобладающая частота $f=7,4$ Гц или значение периода $T=0,135$ сек. Согласно записи (рисунок 12) интенсивности колебаний на уровне покрытия модели дома «сынч», разрушение соответствует значению ускорения $142\text{см}/\text{с}^2$.



Рисунок 12 - Запись интенсивности колебаний на уровне покрытия модели «сынч»

На рисунке 13 приведен график соотношения разных шкал сейсмической интенсивности MSK-64, EMS-92 и др. по полученным значениям ускорения. Интенсивность сейсмического воздействия при разрушении составляет 7,5 баллов по шкале MSK-64.

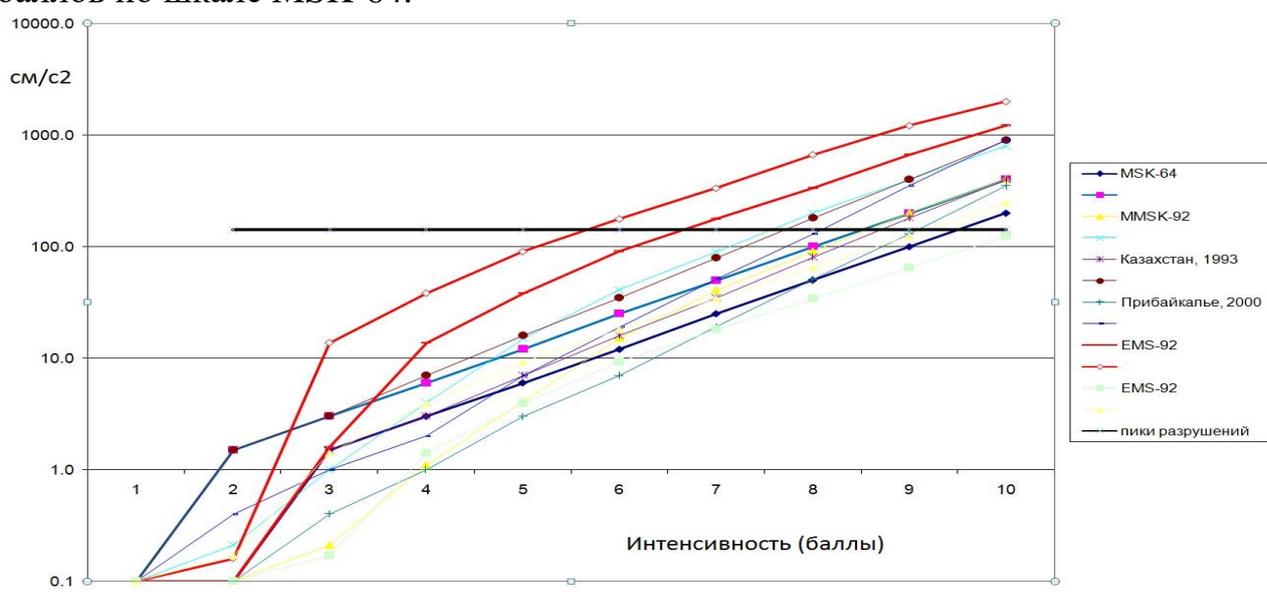


Рисунок 13 - Величина интенсивности колебаний на уровне покрытия $142\text{ см}/\text{с}^2$ на модели дома «сынч» в различных шкалах сейсмической интенсивности

3. Модель дома, стены которых возведены из глинобита («Сокмо») правильной формы (рисунок 14). Для возведения третьей модели использовали опалубки высотой 60 см, которые заполнялись выдержанным до достижения нужной консистенции глиняным раствором без заполнителей.



Рисунок 14 - Фрагмент стены модели дома «Сокмо»

На рисунке 15 представлена запись интенсивности колебаний сейсмоплатформы на модели дома «сокмо». Разрушение соответствует значению ускорения 185 см/с^2 . Величина интенсивности колебаний сейсмоплатформы 185 см/с^2 на модели дома «сокмо» в различных шкалах сейсмической интенсивности показана на рисунке 16.



Рисунок 15 - Запись интенсивности (балльности) колебаний на уровне покрытия модели «сокмо». Разрушение соответствует 188 см/с^2

Запись колебаний модели «сокмо» на уровне покрытия, на выбранном отрезке 1 проведена по горизонтальному направлению Восток-Запад. Рисунок 15 представляет соответственно амплитудные спектры колебаний модели дома «сокмо» в двух выделенных отрезках на уровне покрытия. На рисунке 16

представлен график соответствия значений интенсивности колебаний на уровне покрытия 188 см/с² модели дома «сокмо» различным шкалам сейсмической интенсивности. Интенсивность сейсмического воздействия при разрушении соответствует по шкале MSK-64 J=8 баллам.

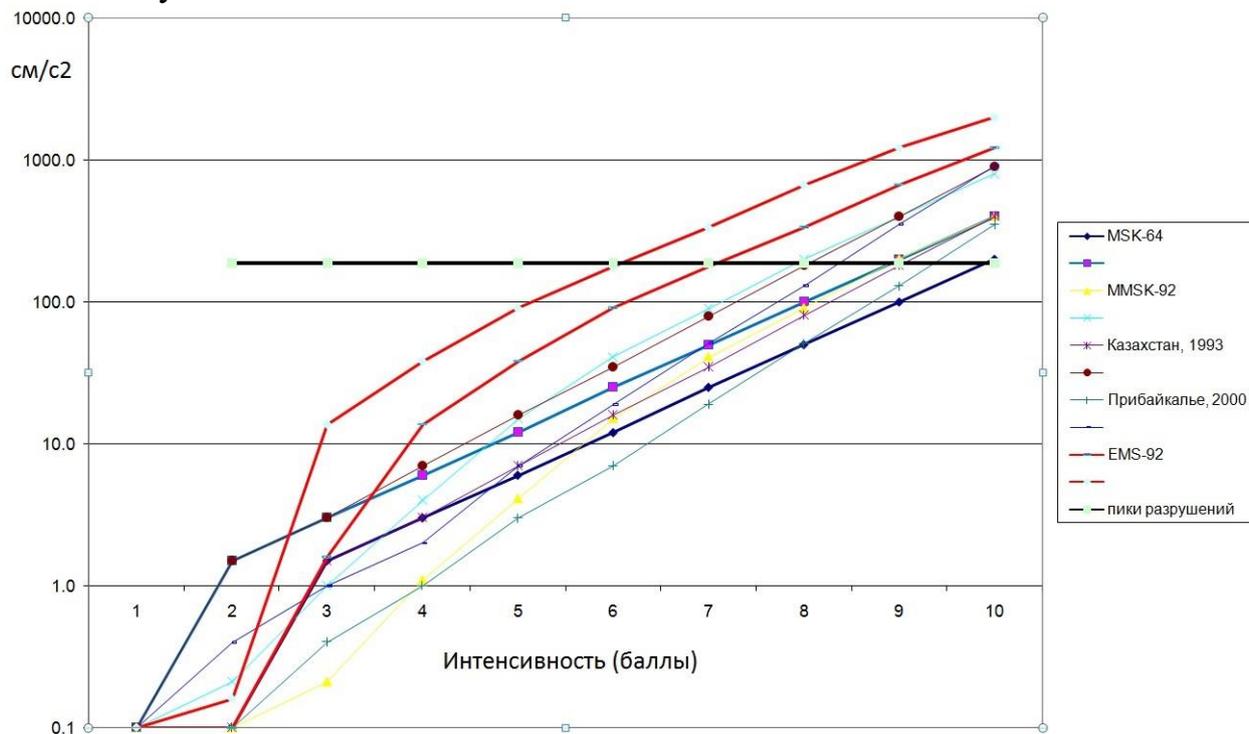


Рисунок 16 - Величина интенсивности (баллов) колебаний 188 см/с² на модели дома «сокмо» в различных шкалах сейсмической интенсивности

4. Модель дома с железобетонным каркасом и заполнением из глиноматериалов. Этот модель дома представляет собой железобетонный каркас (рисунок 17), состоит из колонн и сердечников по краям дверного и оконных проемов, верхнего обвязочного пояса по периметру стен и заполнен из глинистых материалов.



Рисунок 17 - Фрагмент модели дома железобетонного каркаса с глиняным заполнением

Проведен эксперимент модели дома с железобетонным каркасом, заполненным глиноматериалом. Записи колебаний показаны на рисунке 18. Для построения амплитудного спектра выделены 3 участка записи: 1 участок – от 7900 до 9900, 2 участок - от 12900 до 14900, 3 участок – от 22200 до 24200, т.е. в интервале 10 секунд для каждого отрезка записи. Амплитудно-частотные спектры колебаний модели дома на уровне сейсмоплатформы в пределах трех выбранных участков, преобладающие частоты по направлению В-З: 7,6 Гц; 15,3 Гц; 22,3 Гц; 30,0 Гц.

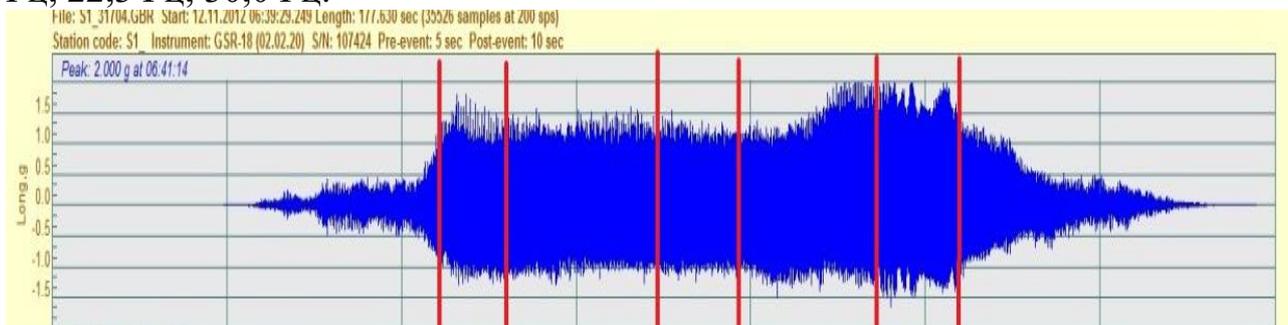


Рисунок 18 - Запись колебаний на уровне покрытия модели дома. Участки записи: 1 - с 7900 до 9900, 2 - с 12900 до 14900, 3 – с 22200 до 24200, т.е. в интервале 10 секунд каждый участок записи.

Анализ амплитудно-частотных спектров колебаний модели дома в пределах трех выбранных участков показали следующее: преобладающие частоты по направлению движения сейсмоплатформы В-З составляют от 7,4 до 76 Гц. Тогда собственный период модели будет $T_0 = 0,13$ сек.

При этом установлено максимальное значение амплитуды ускорения на уровне сейсмоплатформы: В-З - 1,755g. Это ускорение соответствует более 9 баллам по шкале сейсмической интенсивности MSK-64. При землетрясениях в 9 баллов такие здания не разрушаются.

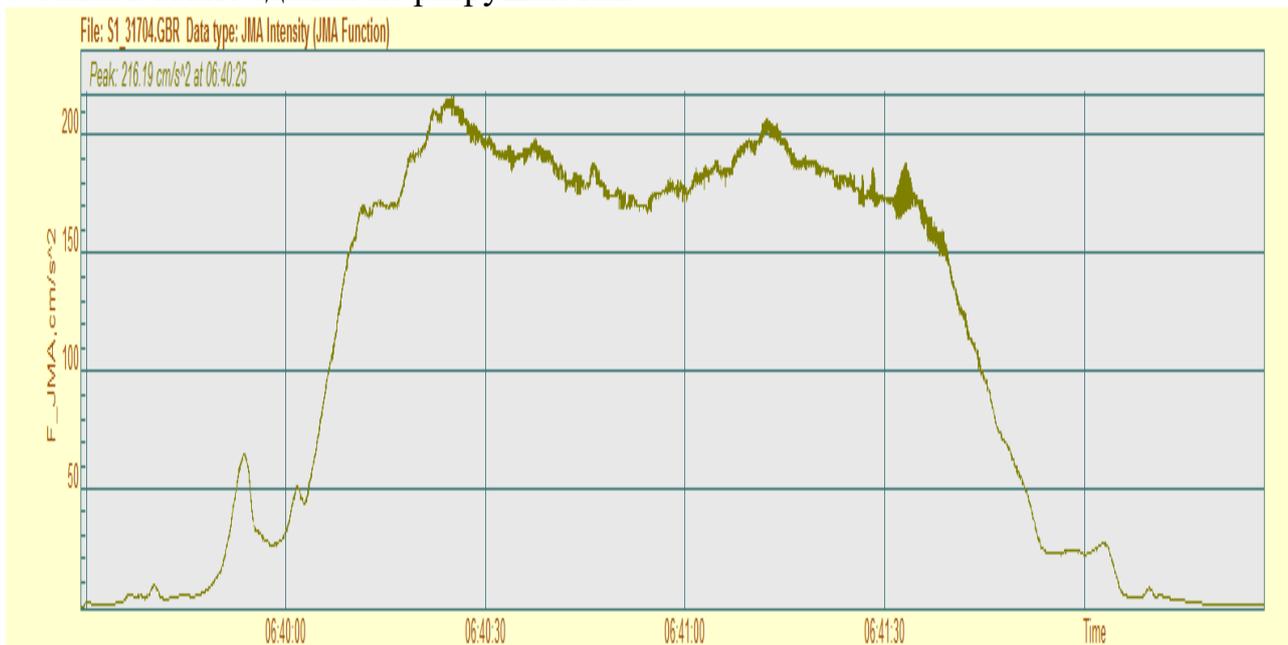


Рисунок 19 - Максимальные значения интенсивности на уровне покрытия, выраженные в ускорениях

Таким образом, была проведена серия экспериментов на испытание 4-х моделей дома на сейсмоплатформе и сравнение их на сейсмоустойчивость.

Шестая глава диссертации посвящена «Выработке практических рекомендаций по использованию результатов исследования». Модели домов, классифицированные по конструктивным системам и способам возведения, были ранжированы по сейсмоустойчивости с учетом результатов экспериментальных исследований, экономической эффективности и технологий строительства:

- *первая группа* – это дома с “железобетонным каркасом”. Каркасы таких домов принимают на себя всю нагрузку при соблюдении рекомендованных нами строительных технологий их возведения. Суть предлагаемых способов заключается в установке в проемы всех дверей и окон железобетонных сердечников, соединенных как между собой, так и фундаментом и армопоясом. Стены домов следует изнутри и снаружи усилить сеткой и прочно связать с железобетонными колоннами и сердечниками, а сверху покрыть раствором. Такие меры при незначительных затратах повышает их сейсмоустойчивость;

- *вторая группа* - дома типа «сынч». Каждый элемент таких домов хорошо взаимосвязан между собой и переплетен в единстве. Дома такого типа строятся легко и быстро по сравнению с другими и не требуют лишних расходов. Шарнирные соединения узловых элементов между собой делают их устойчивыми к воздействиям землетрясения, и при строгом соблюдении рекомендуемых нами решений можно строить в зонах повышенной опасности возникновения землетрясений;

- *третья группа* - дома со стенами, сооруженными из необожженного кирпича или блоков правильной формы, а также дома из “пахсы”. Особенность стен таких домов заключается в том, что в местах соединения углов кирпичи, блоки подгоняются друг к другу крест-накрест, тем самым не позволяя стенам разойтись, да и устойчивость кирпича намного превосходит материалов, изготовленных из глины. При строительстве пахсовых домов по всему периметру возводится непрерывная кладка высотой 50-60 см с добавлением в раствор различных связующих добавок: типа соломы, настоявшейся глины; при этом ряды получаются монолитными конструкциями. Для дополнительного укрепления стен как изнутри так и снаружи можно покрыть армирующей сеткой, на которой нанести под давлением песчано-цементный раствор и т.д. Все эти методы построения пахсовых домов позволяет успешно конкурировать с домами, построенными из “сынча”.

- *четвертая группа* - дома со стенами, сооруженные из глинобитного материала или различных грунтовых (глиняных) кусков неправильной формы. Такие дома часто подвергаются разрушению, причиной является несвязанные между собой и фундаментом несущие конструкции, отсутствие элементарных антисейсмических мер в конструкциях таких домов и неправильная эксплуатация.

Проведенные исследования показывают, что построенные без достаточного соблюдения технологии строительства жилых строений из глины

в различном виде (сокмо, необожженный кирпич и пахса), не устойчивы к землетрясению и подвержены разрушению.

Для повышения устойчивости глиняных домов к землетрясениям выработаны отдельные рекомендации, суть которых сводится к следующему:

В модели домов, стены которых возведены из глины в виде пахса – с помощью лопаты или плугом нужно отделить кусок глиняной массы, бросить его на рассыпанную заранее солому, хорошенько его обернуть (гуаляк), и в ручную уложить по всему периметру.

Технико-экономическая эффективность использования рекомендуемых нами методов усиления и утепления. Для сравнения технико-экономических показателей были рассмотрены три варианта домов с одинаковыми объемно-планировочными решениями (Рис. 20): а) дом из обычного жженного кирпича, толщина внутренних стен 250 мм, наружных стен 380 мм, с утеплением пенопласта толщиной 50 мм; б) дом из глинобитной стены из местных материалов, толщина наружных и внутренних стен 400 мм, с утеплением пенопласта толщиной 50 мм; в) сынчевые дома с деревянным каркасом и заполнением из глиноматериалов, толщина наружных и внутренних стен 350 мм, с утеплением пенопласта толщиной 50 мм.

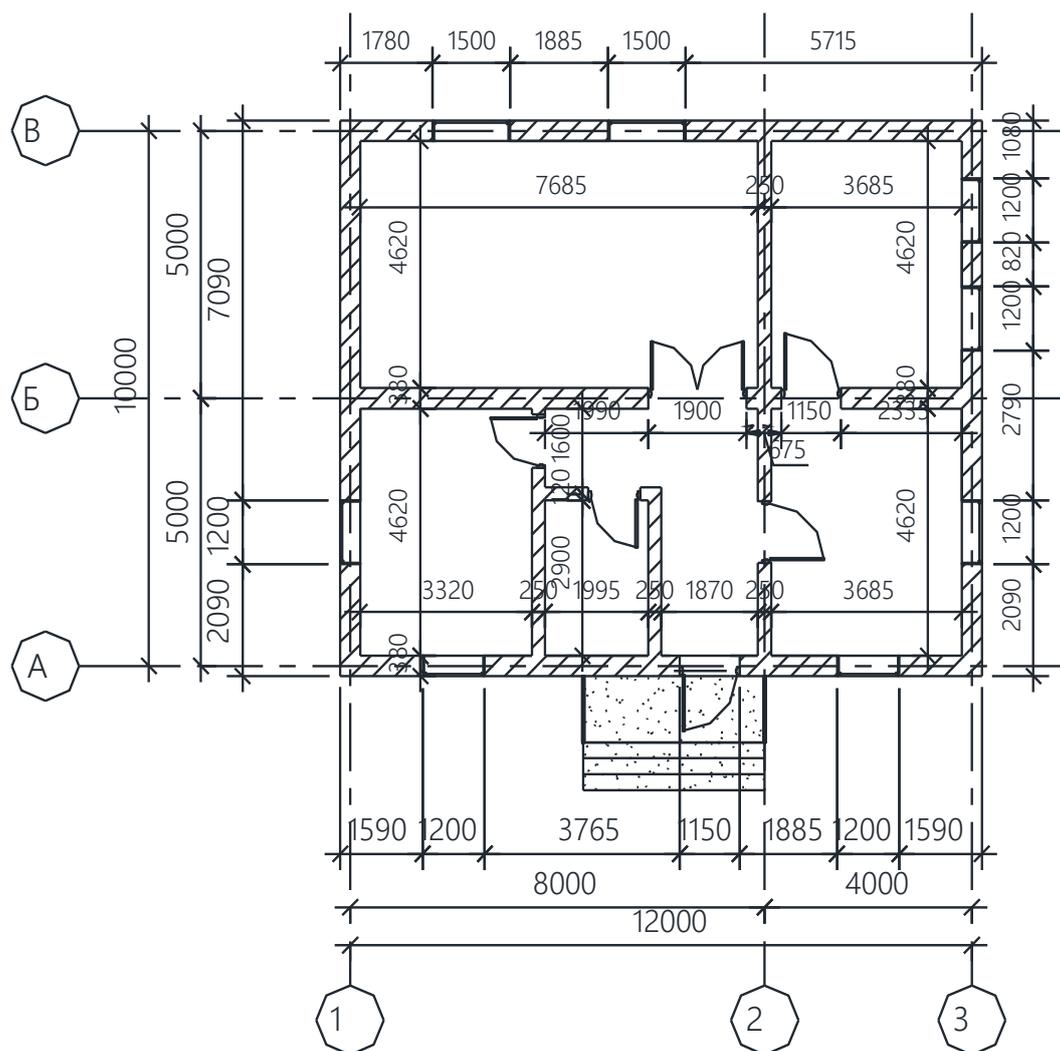


Рисунок 20 - Объемно-планировочные решения дома

Таблица 2 - Сравнение себестоимости домов из разных материалов с учетом и без учета утеплителей и усиления

		Дома из обычного жженного кирпича	Глинобитные дома, стены из местных материалов	Сынчевые дома с деревянным каркасом и заполнением из глин
1	Без утеплителя	818 223 сом	683 352 сом	807 844 сом
2	С усилением	143 910 сом	143 910 сом	Нет необходимости
3	Утепление с пенопластом	31020 сом	31020 сом	31020 сом
Итого		993153 сом	858 282 сом	838 864 сом

При сравнении результатов не учитывалась стоимость строительного участка, разработки проектов, отделки и т.д. Цифры относятся стоимости стеновых материалов, усиления и утепления дома пенопластом толщиной 50 мм.

С учетом экономических показателей и сейсмостойкости можно сделать вывод, что наиболее эффективными являются дома из деревянного каркаса с заполнением из глиноматериалов, возведенные по технологии «сынч». Такие конструктивные системы целесообразно использовать для строительства в сельской местности, где доставка строительных материалов затруднена.

Изучив существующие методы усиления и утепления предлагается совместить высокую эффективность применения деревянного каркаса из брусков и досок, устанавливаемых с двух сторон стен и соединяемых между собой при помощи накладок и металлических болтов. Наружные части стен после установки деревянных каркасов, между стойками и раскосами заполняется утеплителем, в качестве утеплителя используется пенопласт (пенополиуретан) толщиной 50 мм (рисунок 21).



Рисунок 21 - Общий вид заполнения каркаса между стойками и раскосами с пенопластом

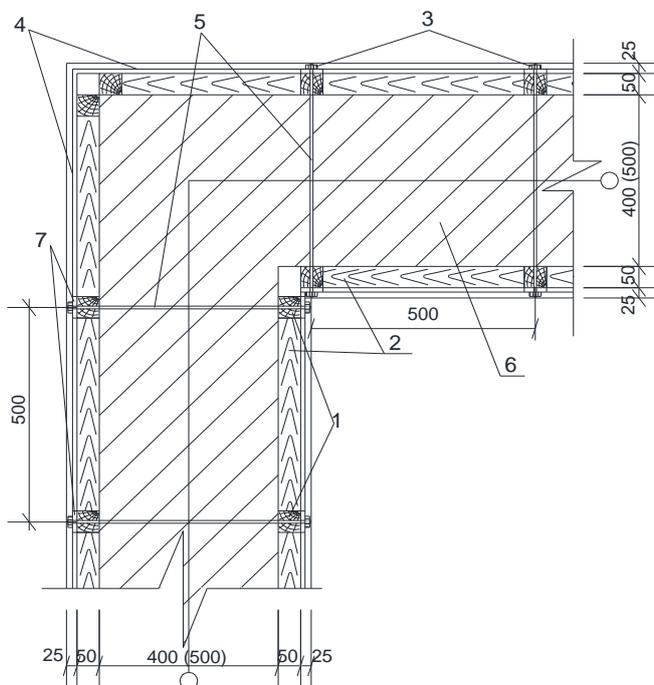
Так как на пенопласт обычная штукатурка не клеится, нами использованы специальные сетки и клеи. После нанесения клея рекомендуется все наружные стены усиливать вертикальными арматурными сетками размером ячеек 150x150 мм, из проволоки Вр-I диаметром не менее 4 мм, в слое цементно-песчаного раствора (рисунок 22).



Рисунок 22 - Установка вертикальных сеток снаружи с оставлением зазора 15-20 мм и штукатурка цементно-песчаным раствором.

Однако, для достижения достаточного сцепления между поверхностью стены из глиноматериала и слоем цементно-песчаного раствора как железобетонную рубашку надо оставлять зазор 20 мм (рисунок 23).

а)



б)

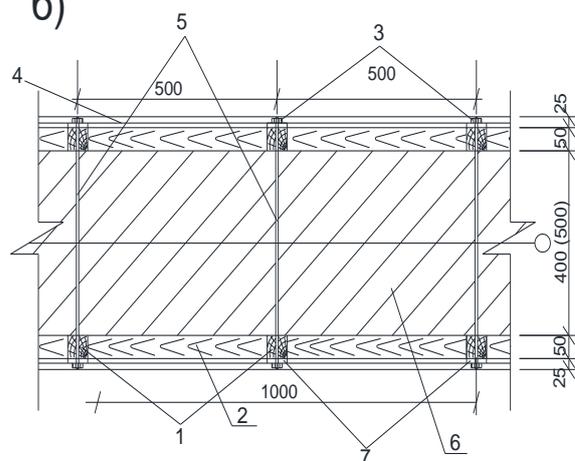


Рисунок 23 - Предлагаемая схема усиления глинистых стен: а) – усиление угловых стен; б) – усиление рядовых стен; 1-стойки сечением 50x50мм; 2-лежень 150x50мм; 3- гайки; 4-сетка 150X150 из проволоки Вр-1 диам. 4-5 мм;

5-металлические болты; 6-глинистая стена; 7-накладки толщиной 20мм; 8 – цементно-песчаный раствор марки М150.

На рисунке 24 показан график интенсивности сейсмоколебаний.

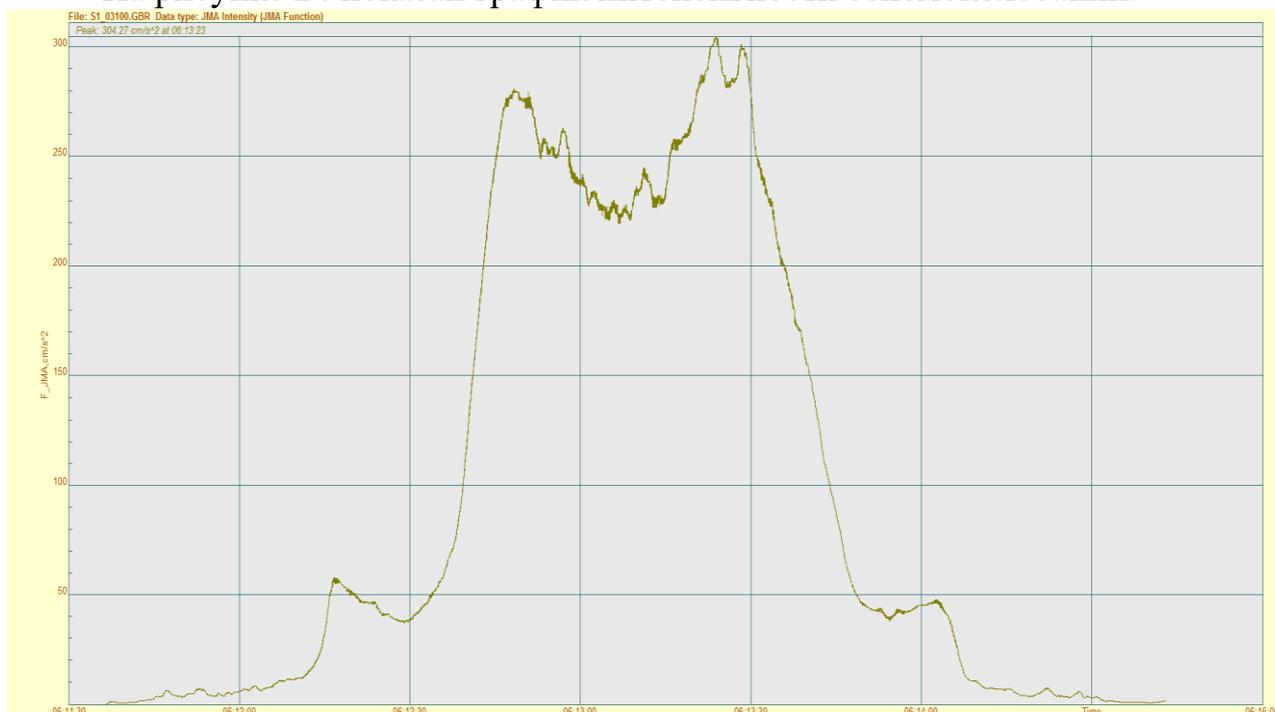


Рисунок 24 - График интенсивности колебаний, выраженные в ускорениях

По результатам эксперимента установлено, что интенсивность сейсмических колебаний модели усиленного дома, выраженная в ускорениях, равна 9 баллам по шкале MSK-64 и 8 баллам по шкале EMS-92. Здание такого типа не подверглось разрушению.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные и прикладные результаты работы заключаются в следующем:

1. Разработана классификация индивидуальных жилых домов по типам несущих конструктивных систем и способам возведения здания на следующие 4 типа: а) дома со стенами, сооруженными из глинобитного «сокмо» материала или пахсы, либо из различных глиняных кусков неправильной формы; б) дома со стенами, сооруженными из кладки сырого (необожженного) кирпича или блоков правильной формы; в) дома с деревянным каркасом с заполнением из глиняных материалов «сынчевые»; г) дома из железобетонного каркаса с заполнением из сырого кирпича или различных материалов из глины.

2. Разработана классификация повреждений и дефектов, выявлены основные причины повреждений и разрушений малоэтажных зданий, построенных из местных материалов.

3. В полевых условиях подробно изучены последствия сильных землетрясений, прошедших в разных регионах республики. Исследованы три группы объектов: жилые дома и строения в местах сильных землетрясений, социальные объекты в Баткенской области и состояние села вблизи ГЭС «Камбар-Ата-2» после проведенного взрыва. Выявлены характерные закономерности повреждения и разрушения малоэтажных домов под воздействием землетрясений различной магнитуды, частоты и амплитуды. Итоги исследования последствий произошедших сильных землетрясений показывают, что нельзя строить жилые дома и здания преимущественно из глинистых материалов, но уже существующие дома необходимо усилить.

4. Исходя из основ развития синергетики, где частицы в системах разной природы начинают участвовать в кооперативных движениях, образуя так называемые диссипативные структуры как во времени, так и в пространстве, рассмотрено во взаимодействии равновесие объекта исследования при известной функции сейсмического воздействия. Исходя из этого разработаны математические модели, получены зависимости, характеризующие изменения исходных данных при изменении управляющих параметров.

5. Введением параметра повреждаемости утверждается, что разрушение строительного объекта не является мгновенным актом и представляет собой процесс, подготавливаемый с самого начала эксплуатации за счет накопления несовершенств. В зависимости от характеристики объекта параметр несовершенства может принимать любые значения, для установления которого условия равновесия недостаточно. Поэтому представляется целесообразной разработка системы эволюционных уравнений, связывающих внешние воздействия и несовершенства с сейсмостойкостью.

6. Рассмотрено существование локально устойчивого равновесия при всех значениях внешнего воздействия и, следовательно, приводящего к установлению некоторого критерия, характеризующего безопасность эксплуатации строительного объекта. В случае отсутствия устойчивого состояния необходимость в подобной оценке отпадает. Для несовершенных объектов, описываемых потенциальной функцией, при достижении внешних воздействий критического показателя естественно появление динамических флуктуаций, существенно снижающих несущую способность. По существу, динамические воздействия могут привести к потере устойчивости.

7. Показано, что теоретические выкладки из области синергетики и численного моделирования на основе прикладных программ «MATLAB» позволяют перейти от общих концептуальных положений живучести конструкций к моделированию процессов деформирования и разрушения с обеспечением не только конструктивной безопасности, но и живучести объектов. Из четырех конструктивных систем домов сделано ранжирование сейсмостойкости для их оценки по экономической составляющей, технологиям возведения и устойчивости к землетрясениям.

8. По результатам системных исследований разработаны, изготовлены и испытаны в лабораторных условиях: модели домов 4 типов: с железобетонным

каркасом типа «сынч», со стенами, сооруженными из необожженного кирпича, блоков правильной формы, а также дома из «пахсы» и, наконец, дома сооруженные из различных грунтовых (глиняных) кусков неправильной формы. Изучены физико-механические свойства, состав исходных материалов, рекомендованы рациональные составы исходной глиняной композиции для приготовления пахсы, безобжиговых стеновых блоков из глины. Установлено, что безобжиговые изделия по своим характеристикам не уступает обожженным аналогам. При этом использование местного сырья, низкие энергозатраты, возможности изготовления на месте и в целом меньшая трудоемкость производства делают их в два раза экономичнее традиционных стеновых материалов.

9. Экспериментальные исследования физической модели домов 4 типов показали, что основная характеристика - повреждаемость с незначительными отклонениями соответствует расчетным значениям. Это свидетельствует о корректности разработанных методов определения параметров повреждаемости, математические модели удовлетворительно описывают поведение натуральных моделей, что позволяет рассматривать их как средство для создания реальных систем.

10. Изучив существующие методы усиления и утепления и основываясь на результатах проведенных нами экспериментальных работ, установлено, что для нашей страны с учетом высокой сейсмической активности, а также многочисленных природных и техногенных катастроф, из всех видов усиления конструкций из местных глинистых материалов наиболее приемлемым и надежным по экономическим показателям и по сейсмостойкости является низкзатратное двустороннее усиление деревянным каркасом – типа «сынчевые».

11. Совокупность научных положений диссертации представляет собой законченный комплекс исследований в новой актуальной области, включающий в основе приготовления глинодержащих композиций влажностью менее 14 %, имеющее большое значение для возведения стеновых конструкций.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Экспериментальная проверка достоверности кинематико-вероятностного метода расчета на модели гибкого здания [Текст] / [Ж.Ы. Маматов, Б.С. Матозимов, Ж.М. Токтонасаров, А.Ж. Андашев] // Вестник КГУСТА. - 2005. - №3 (3). - с. 71-75.

2. Шапанов, А.Т. Проектирование и строительство зданий из глиноматериалов в сейсмических районах. [Текст] / А. Т. Шапанов, М.Н. Толегенов, **Ж.Ы. Маматов** // Вестник КГУСТА. – 2008. - №3 (21). – с. 23-28.

3. **Маматов, Ж.Ы.** Горные породы как естественный фундамент при сейсмостойком строительстве [Текст] / Ж.Ы. Маматов // Вестник КГУСТА. – 2008. - №3 (21). – с. 50-55.

4. Анализ сейсмозащиты зданий и сооружений [Текст] / [С.Б. Смирнов, Б. С. Ордобаев, **Ж.Ы. Маматов**, Д.А. Рыспаев] // Известия ВУЗов Кыргызстана. - 2008. - №10. - с. 13-14.

5. Регистры истинных перемещений физических тел, испытываемых на виброплатформе КГУСТА [Текст] / [М.Д. Кутуев, **Ж.Ы. Маматов**, Н.У. Шамшиев и др.] // Вестник КГУСТА. - 2008. - №3 (21). – с. 93-95.

6. Патент № 90 Кыргызской Республики. Сейсмоизолирующая опора [Текст] / А.Ж. Андашев, **Ж.Ы. Маматов**, Ж.М. Токтонасаров, Б.С. Матозимов. -№20070016.2.

7. Патент № 91 Кыргызской Республики. Сейсмоизолирующая опора [Текст] / Ж.М.Токтонасаров, **Ж.Ы. Маматов**, Б.С. Матозимов, А.Ж. Андашев. - №20070017.2.

8. Патент № 92 Кыргызской Республики. Сейсмоизолирующая опора [Текст] / Ж.М.Токтонасаров, **Ж.Ы. Маматов**, Б.С. Матозимов, А.Ж. Андашев. - № 20070014.2.

9. Матозимов, Б.С. Исследование и анализ теплофизических свойств различных ограждающих конструкций в условиях Кыргызстана [Текст] / Б.С.Матозимов, **Ж.Ы. Маматов**, К.Т. Шадыханов // Известия ВУЗов Кыргызстана. – 2009. - №5. - с. 41-46.

10. О необходимости учитывать влияние земляных волн на сооружения. [Текст] / [**Ж.Ы. Маматов**, Н.У. Шамшиев, М.Ч. Апсеметов, М.М. Копобаев] // Наука и новые технологии. – 2009. - №6. - с. 68-70.

11. Рычков, Б.А. Определение предела прочности на растяжение для горных пород по экспериментальным данным трехосного сжатия [Текст] /Б. А. Рычков, **Ж.Ы. Маматов**, Е.И. Кондратьева // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. - Сибирское отделение РАН. - Новосибирск, 2009. - №3. - с.40-45. ISSN: 0015-3273.

12. Сейсмический эффект взрыва в зоне каменно-набросной плотины Камбаратинского ГЭС 2 [Текст] / [**Ж.Ы. Маматов**, М.М. Копобаев, Д.Ш. Кожобаев и др.] // Известия Вузов Кыргызстана. -2010. - № 3. -с. 16-19.

13. О влиянии направленного взрыва при строительстве ГЭС «Камбар–Ата 2» на здания и сооружения, находящиеся в его окрестности [Текст] / [**Ж.Ы.Маматов**, Д.Ш. Кожобаев, Б.С. Ордобаев и др.] // Наука и новые технологии. – 2010. - №3. - с. 31-35.

14. Некоторые вопросы сейсмостойкости дошкольных учреждений на примере Баткенской области [Текст] / [**Ж.Ы. Маматов**, Д.Ш. Кожобаев, Б.С.Матозимов, Б.С.Ордобаев] // Наука и новые технологии. – 2010. - № 9. - с. 13-16.

15. Сейсмические нормы как дополнительные источники риска граждан [Текст] / [С.Б.Смирнов, Б.С. Ордобаев, **Ж.Ы. Маматов** и др.] // Материалы IV-МНПК наука и образование XXI в. - Рязань, 2010. - с. 72-77.

16. **Маматов, Ж.Ы.** Анализ состояния зданий и сооружений при крупномасштабном взрыве на Камбар-Атинской ГЭС-2.[Текст] / **Ж.Ы.Маматов**, Н.У. Шамшиев, С.М. Сансызбаев // Сб. док. 7-го Казакстанско-Китайского

Международного симпозиума: Прогноз землетрясений, оценка сейсмической опасности и сейсмического риска ЦА. - Алматы, 2010. - с. 486-490.

17. Тепловая защита малоэтажных зданий из местных материалов [Текст] / [Б.С. Матозимов, **Ж.Ы. Маматов**, Д.Ш. Кожобаев и др.] // Известия Вузов Кыргызстана. – 2010. - №4. - с. 19-23.

18. Общие закономерности динамической устойчивости сооружения в эпицентральной зоне интенсивного землетрясения. [Текст] / [**Ж.Ы.Маматов**, Д.А. Бекешова, М.Ч. Апсеметов и др.] // Наука, и новые технологии Кыргызстана. – 2010. - №2. - с. 64-66.

19. Особенности технологии зимнего бетонирования [Текст] / [**Ж.Ы.Маматов**, Ж.Ш.Кожобаев, М.С. Турушбекова и др.] // Известия КГТУ им. И. Раззакова. – 2011. - № 22. - с. 89-94.

20. Анализ современной сейсмозащиты зданий и сооружений [Текст] / [С.Б. Смирнов, Б.С. Ордобаев, **Ж.Ы. Маматов**, Б.К. Орозалиев] // V Международный симпозиум: Современные проблемы геодинамики и геоэкологии и внутри континентальных орогенов к 75-л. Ю.А. Трапезникова. - Москва-Бишкек, 2012. - Том 1. - с. 192-194.

21. Методы определения устойчивости упругих систем [Текст] / [Д.А.Бекешова, **Ж.Ы. Маматов**, Б.С. Матозимов и др.] // Вестник КГУСТА им. Н. Исанова. – 2012. - №1(35). - с. 11-16.

22. **Маматов Ж.Ы.** Жергиликтүү материалдар менен коопсуз үйлөрдү тургузуу [Текст] / Ж.Ы. Маматов // Вестник КГУСТА им. Н. Исанова. – 2012. - №4. - с. 80-88.

23. Патент № 146, Кыргызской Республики. Стеновой блок из бетона. [Текст] / Б.С.Матозимов, **Ж.Ы. Маматов**, Д.Ш. Кожобаев, Б.С. Ордобаев, К. Султаналиев // № 20120015.2. - от 30.09.2012г.

24. **Маматов Ж.Ы.** Состояние и перспективы инженерно-сейсмометрических станций Кыргызской Республики [Текст] / Ж.Ы. Маматов // Вестник КРСУ им. Б.Н. Ельцина. - 2012. - № 7. - Том 12. - с. 98-101.

25. Мероприятия по усилению глинобитных стен при возведении одноэтажных жилых домов. [Текст] / [**Ж.Ы.Маматов**, Т. Тунгатаров, Ч. Джумагазиев, М.Х. Маматова] // Вестник КГУСТА им. Н. Исанова. - 2012. - №3(37). - с. 66-71.

26. Результаты экспериментального исследования на сейсмоплатформе моделей домов из кирпича-сырца, сынча и сокмо [Текст] / [**Ж.Ы.Маматов**, М.П. Камчыбеков, В.И. Куликов и др.] // Вестник КГУСТА им. Н. Исанова. - 2012. - №3(37). - с. 57-66.

27. **Маматов Ж.Ы.** Жергиликтүү материалдар менен салынган үйлөрдү күчтөндүрүү [Текст] / Ж.Ы.Маматов // Труды I Межд. межвуз НПК – конкурса науч. докл. студентов и молодых ученых: Инновационные технологии и передовые решения. - Бишкек, 2013. - с. 286-293.

28. Результаты эксперимента на модели дома из железобетонного каркаса со стенами из глинистых материалов [Текст] / [М.П. Камчыбеков, **Ж.Ы. Маматов**,

К.А. Егембердиева и др.] // Труды МНК: Рахматулинские-Ормонбековские чтения. - Бишкек, 2013. - с. 283-287.

29. **Маматов, Ж.Ы.** Применение ПП Matlab для изучения поведения макета дома при сейсмических воздействиях [Текст] / Ж.Ы.Маматов, А.А. Тороев, Ж.Д. Кыдырова // Вестник КГУСТА им. Н. Исанова. - 2013.- №2(40). -с. 26-31.

30. Вопросы обеспечения сейсмостойкости существующих жилых домов построенных из местных материалов. [Текст] / [Ж.Ы.Маматов, Р.А. Медербеков, А.Э.Энсебеков и др.] // Вестник КГУСТА им. Н. Исанова. - 2013. - №3(41). - с. 214-219.

31. Анализ результатов серии экспериментов малоэтажных зданий, проведенных на сейсмоплатформе КГУСТА [Текст] / [Ж.Ы.Маматов, Ж.Ш. Кожобаев, Б.С.Матозимов, Б.С.Ордобаев] // Вестник КГУСТА им. Н. Исанова. - 2013. - №3(41). - с. 219-225.

32. Данные эксперимента на виброплатформе модели дома из железобетонного каркаса со стенами из глиноматериалов [Текст] / [М.П.Камчыбеков, Ж.Ы. Маматов, К.А. Егембердиева и др.] // Вестник Института сейсмологии НАН КР. – 2013. - № 1. - с. 26-31.

33. Патент № 1593, Кыргызской Республики. Модифицированный глинистый материал с пенополистролом [Текст] / Ж.Ы.Маматов, Б.С. Матозимов, Б.С. Ордобаев, Ж.Ш. Кожобаев, Н.У. Шамшиев - №20120068.1.

34. Рекомендации по усилению существующих жилых домов построенных из местных материалов [Текст] / [Ж.Ы.Маматов, Ж. Ш. Кожобаев, Ы.К. Сыдыков, С.К. Маматов] // Труды II Межд. межвуз НПК /// Конкурс науч. докл. студентов и молодых ученых: Инновационные технологии и передовые решения. - Бишкек, МУИТ, 2014. - с. 210-215.

35. Оценка безопасности школьных и детских учреждений в Кыргызстане. [Текст] / [Ж.Ы.Маматов, С.А.Аскарбеков, А.А. Дуйшеев] // Труды II Межд. межвуз НПК /// Конкурса науч. докл. студентов и молодых ученых: Инновационные технологии и передовые решения. - Бишкек, МУИТ, 2014. - с. 215-219.

36. Методы контроля качества материалов при сейсмостойком строительстве [Текст] / [Ж.Ш. Кожобаев, Ж.Ы. Маматов, Б.С. Ордобаев и др.] // Вестник КРСУ. - 2015. - №1. - Том 15. - с. 114-116.

37. Комплексный теплорасчет стен экспериментального жилого дома [Текст] / [Б.С. Матозимов, Ж.Ы. Маматов, Ж.Ш. Кожобаев и др.] // Вестник КРСУ. - 2015. - №1. - Том 15. - с.117-120.

38. **Маматов, Ж.Ы.** Моделирование и экспериментальный анализ жилых зданий из местных материалов [Текст] /Ж.Ы. Маматов // Science, technology and life-2015. Proceedings of materials the inter-national scientific conference. Czech Republic, Karlovy Vary-Russia, -Moscow, 2015, -стр. 131-143.

39. **Маматов, Ж.Ы.** Сравнительный анализ процессов повреждаемости и разрушения малоэтажных зданий при землетрясении и проведении эксперимента на сейсмоплатформе КГУСТА им. Н.Исанова [Текст] /

Ж.Ы.Маматов // Вести МУИТ. –2016(1). - Наука и инновационные технологии. - Бишкек, 2016. - с. 248-252.

40. Процессы разрушения малоэтажных зданий при землетрясении и проведении эксперимента на сейсмоплатформе КГУСТА им. Н. Исанова [Текст] / [Ж.Ы. Маматов, Ж.Ш. Кожобаев, Б.С. Матозимов, Б.С. Ордобаев] // Проблемы механики. -Ташкент: 2016. - №2. - с.135-140.

41. **Маматов, Ж.Ы.** Поведение модели особо усиленного «сынчевого» дома при испытании на сейсмоплатформе [Текст] / Ж.Ы. Маматов // Вестник АО КазНИИИСА /// МНПК посв. 85-лет. юб. «КазНИИИСА». -Алмата, 2016. - №11(63). - с. 25-33.

42. **Маматов, Ж.Ы.** Коопсуз үйлөрдү тургузуу жана тургузулган үйлөрдү бекемдөөнүн ыкмалары: окуу куралы [Текст] / Ж.Ы. Маматов . - Бишкек, Полиграфбум-ресурсы, 2017. – 164 с.

43. **Маматов, Ж.Ы.** Разрушение глинобитных домов при сейсмических нагрузках и определение наиболее уязвимых узлов [Текст] / Ж.Ы. Маматов, Ж.Ш. Кожобаев, Б.С. Матозимов // Вестник КРСУ им. Б. Н. Ельцина. – 2017. - № 8. -Т ом 17. - с. 125-129.

44. **Маматов, Ж.Ы.** Исследование повреждаемости жилых зданий из местных материалов в рамках статистического подхода [Текст] / Ж.Ы. Маматов // Вести МУИТ. – 2017. - № 3/(3), Наука и инновационные технологии. - Бишкек, 2017. - с. 169-172.

45. **Маматов, Ж.Ы.** Некоторые вопросы к теории повреждаемости жилых зданий из местных материалов [Текст] / Ж.Ы.Маматов // Znanstvena misel journal. – 2018. - №20. - vol.1, Slovenia, – с. 42-45.

46. **Маматов, Ж.Ы.** О моделировании повреждаемости строительных объектов [Текст] / Ж.Ы.Маматов, И.В. Ненахова, Я.И. Рудаев // Вестник МАЭСС. - Бишкек, 2018. – №1(2). - с. 91-96.

47. **Маматов, Ж.Ы.** Некоторые особенности проектирования школ в зависимости от сейсмичности площадки строительства. [Текст] / Маматов Ж.Ы., Валижанов Б., Маматов С.К. // Наука и инновационные технологии МУИТ №6 (6) -Бишкек, 2018, –стр. 45-53.

48. Рашидов, Т.Р. Результаты оценки степени сейсмической повреждаемости объектов частной жилой застройки [Текст] / Т.Р.Рашидов, **Ж.Ы. Маматов** // Международный электронный научный журнал (ЕСУ). – Москва, 2019. - №6(63). - часть 1. - с. 33-37.

49. **Маматов, Ж.Ы.** Экспериментальные исследования модели усиленного дома из местных материалов КР [Текст] / Ж.Ы.Маматов, Ж.Ш. Кожобаев, Ы.К.Сыдыков // Вестник КГУСТА им. Н.Исанова. – 2019. - №3 (65). - с. 489-496.

50. **Mamatov, Zh. Y.** Modeling and Experimental Analysis of Residential Buildings from Local Materials [Текст] / Mamatov Zh. Y. // International Journal of Innovations in Engineering and Technology (IJET), Volume 15 Issue 4 March, - Delhi, India. 2020г., -p.12-18.

51. Причины повреждений и разрушений малоэтажных зданий. [Текст] / [Ж.Ы.Маматов, А. Дуйшонбеков, Имилидин у А., А. Адамалиева] // Вести МУИТ. – 2020. - № 1(14), Наука и инновационные технологии. – Бишкек, 2020. - с. 133-141.

52. Некоторые пути повышения сейсмостойчивости глинобитных домов из «сокмо» и «пахса» [Текст] / [Ж.Ы.Маматов, А. Адамалиева, Э.М. Муканов и др.] // Вести МУИТ. – 2020. - № 1(14), Наука и инновационные технологии. – Бишкек, 2020. - с.142-149.

53. Моделирование и причины разрушения малоэтажных жилых зданий из местных материалов [Текст] / [Ж.Ы.Маматов, Ж.Ш. Кожобаев, Ш.Т. Пазылов, Ы.К.Сыдыков] // Восточно-Европейский научный журнал (EESJ). – Москва, 2020. - № 12(64). - часть 1. - с. 36-45.

54. Жергиликтүү материалдар менен салынган колдонуудагы үйлөрдү жер титирөөгө каршы бекемдөөнүн жана жылуулоонун ыкмалары [Текст] / [Ж.Ы. Маматов, Ы.К. Сыдыков, С.К. Маматов, Кубанычбек у. Б.] // Вестник КГУСТА им. Н. Исанова. -2020. - № 3 (69). – с. 441-447.

55. **Mamatov Zh.Y.** The condition of existing residential buildings with a sliding support in the foundation in the city of Bishkek / [Text]= Состояние существующих жилых домов с скользящей опорой в фундаменте в городе Бишкек / [Ensebekov A., Taylyakova Z.]// E3S Web of Conferences, 2023, 410, 03027.

56. **Mamatov Zh.Y.** Classification of residential buildings made of local materials in the Kyrgyz Republic and the results of experiments on them / [Text]= Классификация жилых домов из местных материалов в Кыргызской Республике и результаты экспериментов на них / [Sydykov Y., Mamatov S.]// E3S Web of Conferences, 2023, 410, 03026.

57. **Mamatov Zh.Y.** Some features of the structural systems of houses built from materials / [Text]= Некоторые особенности конструктивных систем домов, построенных из материалов / [Kozhobaev Z., Shamshiev N., Sydykov Y.]// E3S Web of Conferences, 2023, 410, 03032.

Маматов Жаныбек Ысаковичтин 05.23.01 - курулуш конструкциялары, имараттар жана курулмалар адистиги боюнча техника илимдеринин доктору окумуштуулук даражасын изденүү үчүн «Аз кабаттуу үйлөрдүн талкаланышы жана бузулуу процесстерин моделдештирүү» темасындагы диссертациялык ишине

РЕЗЮМЕ

Негизги сөздөр: сейсмикалык платформа, жергиликтүү материалдар, моделдөө, жеке турак-жай имараттары, сейсмикалык туруктуулук сыноолору, бузулуучулук, сейсмикалык коопсуздук, жер титирөөгө туруктуу курулуш, сейсмикалык бекемдөө, эксперименттик сыноолор, колдонууга жарамдуулугу.

Изилдөөнүн объектиси: колдонуудагы аз кабаттуу имараттар, жергиликтүү материалдардан курулган аз кабаттуу турак-жайлар.

Изилдөөнүн предмети: жергиликтүү материалдардан жасалган аз кабаттуу имараттардын сейсмикалык таасирден улам бузулуусу жана талкаланышы.

Изилдөөнүн максаты: сейсмикалык таасир астында жергиликтүү материалдардан жасалган аз кабаттуу имараттардын бузулуусунун жана талкаланышынын математикалык моделдерин түзүү жана эксплуатациялоодо алардын конструкциялык ишенимдүүлүгүн камсыз кылуу боюнча илимий, методикалык жана практикалык чараларды иштеп чыгуу.

Изилдөөнүн ыкмалары жана жабдуулары: жердин эң жогорку ылдамдануусун эске алуу менен курулуш объектисинин аянтынын сейсмикалуулугун аныктоо ыкмасы, экономикалык натыйжалуулукту жана ишке жарамдуулукту эске алуу менен имараттарды сейсмикалык бекемдөө ыкмасы, платформаны жана имаратты динамикалык сыноо методдору. Комплекстүү камера, титирөө платформасы жана сейсмикалык термелүүнү эсепке алуучу аппаратура пайдаланылды.

Изилдөөнүн натыйжалары жана илимий жаңылыгы:

Кыргыз Республикасынын сейсмикалык аймактарында ылай-топурактан салынган турак-жай имараттарын эсептөө, долбоорлоо жана бекемдөө боюнча сунуштар иштелип чыкты;

изилдөөлөрдүн жыйынтыгын баяндаган 23 мүнөттүк тасма тартылып, КТРКда көрсөтүлдү;

жергиликтүү материалдардан сейсмотуруктуу үйлөрдү куруу тууралуу окуу куралы кыргыз тилинде басылып чыкты;

Кыргыз Республикасынын шарттарында жергиликтүү материалдардан курулган үйлөр аймактык өзгөчөлүктөр менен жүк көтөрүүчү конструкциялардын типтерине жараша классификацияга бөлүндү;

изилдөөлөрдүн натыйжалары жүк көтөрүүчү конструкциялардын эң рационалдуу түрлөрүн ишке киргизүүгө көмөктөшөт, алар республикада жана анын чегинен тышкары жер титирөөлөр учурунда сейсмикалык жоготууларды кыскартууга түрткү болот.

Колдонуу деңгээли: иштин натыйжаларын, биринчи кезекте жеке менчик куруучулар, жергиликтүү өз алдынча башкаруу органдары, ӨКМ бөлүмдөрүнүн кызматкерлери, мамлекеттик башкаруу жана пландоо органдарынын кызматкерлери, Кыргыз Республикасынын Министрлер Кабинетине караштуу архитектура, курулуш жана турак жай-коммуналдык чарба мамлекеттик агенттиги жана ошондой эле архитектуралык пландоо, долбоорлоо уюмдарынын кызматкерлери тарабынан колдонууга багытталган.

Колдонуу чөйрөсү: билим берүү, илимий-изилдөө жана долбоорлоо иштери; сейсмикалык коркунучка баа берүү, имараттардын жана курулмалардын сейсмикалык туруктуулугун жогорулатуу.

РЕЗЮМЕ

диссертации Маматова Жаныбека Ысаковича на тему «Моделирование процессов повреждаемости и разрушения малоэтажных зданий» на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.23.01-строительные конструкции, здания и сооружения.

Ключевые слова: сейсмоплатформа, местные материалы, моделирование, индивидуальные жилые дома, испытания на сейсмостойкость, повреждаемость, сейсмическая безопасность, сейсмостойкое строительство, сейсмоусиление, экспериментальные испытания, эксплуатационная пригодность.

Объект исследования: малоэтажные здания существующей застройки, малоэтажные жилые дома, построенные из местных материалов.

Предмет исследования: повреждаемость и разрушение малоэтажных домов из местных материалов при сейсмических воздействиях.

Цель работы: построение математических моделей повреждаемости и разрушения малоэтажных домов из местных материалов при сейсмических воздействиях и разработка научно-методических и практических мер по обеспечению их конструктивной надежности в процессе эксплуатации.

Методы исследования и аппаратура: методика определения сейсмичности площадки строительства с учетом пиковых ускорений грунтов, способ сейсмоусиления зданий с учетом экономической эффективности и эксплуатационной пригодности, методики динамических испытаний платформы и здания. Использована всеобъемлющая камера, виброплатформа, регистрирующая аппаратура сейсмических колебаний.

Полученные результаты и их новизна:

разработаны рекомендации по расчету, проектированию и усилению жилых домов из самано-сырцово́й кладки в сейсмических районах КР;

создан 23 минутный фильм, демонстрирующий результаты исследований, который был показан на телеканале КТРК;

издано учебное пособие на кыргызском языке, посвященное строительству сейсмостойких домов из местных материалов;

проведена классификация существующих домов из местных материалов в условиях Кыргызской Республики, учитывающая региональные особенности и типы несущих конструктивных систем;

результаты исследований способствует внедрению наиболее рациональных типов несущих конструкций, которые приводят к снижению сейсмических потерь при возможных землетрясениях в республике и за ее пределами.

Степень использования: результаты работы ориентированы для использования, прежде всего, частными застройщиками, органами местного самоуправления, сотрудниками подразделений МЧС, органами Государственного управления и планирования, сотрудниками Государственного агентства архитектуры, строительства и жилищно-коммунального хозяйства при Кабинете Министров КР, а также сотрудниками архитектурно-планировочных и проектных организаций и пр.

Область применения: образовательная, научно-исследовательская и проектная деятельности; оценка сейсмического риска, повышение сейсмостойкости зданий и сооружений.

SUMMARY

of the dissertation of Mamatov Zhanybek Isakovich on the topic "Modeling the processes of damage and destruction of low-rise buildings" for the degree of Doctor of Technical Sciences in the specialty 05.23.01 - building structures, buildings and structures.

Key words: seismic platform, local materials, modeling, individual residential buildings, seismic resistance tests, damageability, seismic safety, earthquake-resistant construction, seismic reinforcement, experimental tests, serviceability.

Object of study: existing buildings, low-rise residential buildings built from local materials.

Subject of research: damage and destruction of low-rise buildings made of local materials under seismic influences.

Research methods and equipment: construction of mathematical models of damage and destruction of low-rise buildings made of local materials under seismic impacts and development of scientific, methodological and practical measures to ensure their structural reliability during operation.

The results obtained and their novelty: recommendations were developed for the calculation, design and strengthening of residential buildings from adobe masonry in the seismic regions of the Kyrgyz Republic, a film with a duration of 23 minutes was made and shown on KTRK, a textbook in the Kyrgyz language was published; existing houses from local materials were classified depending on regional characteristics in the conditions of the Kyrgyz Republic according to the bearing design schemes; the results of the research will contribute to the introduction of the most rational types of load-bearing structures, which lead to a reduction in seismic losses during possible earthquakes in the republic and beyond.

Degree of use: the results of the work are oriented for use, first of all, by private developers, local governments, employees of the departments of the Ministry of Emergency Situations, state administration and planning bodies, employees of the Inspectorate of the SASN and APU, design organizations, etc.

Scope: educational, research and design activities; seismic risk assessment, improvement of seismic resistance of buildings and structures.

Маматов Жаныбек Ысакович

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПОВРЕЖДАЕМОСТИ И
РАЗРУШЕНИЯ МАЛОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ**

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
доктора технических наук

Редактор: *А. Б. Аманкулова*

Подписано в печать
Формат 60x84 1/16. Объем 1,69 уч.-изд.л.
Печать офсетная. Бумага офсетная.
Тираж 100 экз. Заказ 306

720020, г. Бишкек, ул. Малдыбаева, 34, б
Кыргызский инженерно-строительный институт им. Н. Исанова
Кыргызский государственный технический университет им. И. Раззакова