

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ НА СЕЙСМОПЛАТФОРМЕ МОДЕЛЕЙ ДОМОВ ИЗ КИРПИЧА-СЫРЦА, «СЫНЧА» И «СОКМО»

Ж.Ы.Маматов, М.П.Камчыбеков, В.И.Куликов,
К.А.Егембердиева, Ы.П.Камчыбеков, У.Шамшиев,
А.Ж.Андашев, С.М.Сансызбаев
E.mail. ksucta@elcat.kg

Бул макалада жергиликтүү материалдардан тургузулган ар кандай моделдеги үйлөргө сейсмоплатформада жүргүзүлгөн эксперименттердин жыйынтыктары каралган.

В статье рассмотрены результаты экспериментов на виброплатформе для разных моделей домов, построенных из местных материалов.

The experimental results of testing of different models of houses, built by using local materials, on the seismic platform are considered in this article.

Индивидуальные жилые дома из сырцового и саманного кирпича являются одним из основных типов огнестойкого строительства из местных материалов. Сырцовый – это необожженный кирпич из глины с примесью песка, высушенный на открытом воздухе или сушилках. Саманный кирпич представляет собой смесь глины с соломой, торфа, льна и т.д.

В работе /1/ дается исторический анализ по глинобитному строительству, где отмечается, что строительство из сырцового и саманного кирпича зародилось в глубокой древности в странах с сухим и жарким климатам: в Малой Азии, Египте, Иране, Турции, Китае и других. В России огнестойкое глинобитное строительство возникло в конце XVI века, когда в Москве был основан «Каменный приказ для заведывания строительным делом». В начале XVIII в., после одного из больших пожаров, в Москве была запрещена постройка деревянных жилых строений и было предложено строить глиняные мазанки. Саманные постройки в СНГ и в настоящее время широко распространены в Средней Азии, на Украине, Северном Кавказе, в Крыму и других местностях с сухим климатом и недостатком лесных материалов. Главная причина незначительного распространения саманных построек в средней и европейской части СНГ – наличие огромных лесных ресурсов и незнание местными жителями производства самана для использования его в строительстве. Хорошая сохранность отдельных зданий с саманными стенами, построенных 100-150 лет назад, свидетельствует о полной пригодности их для эксплуатации и возведения в указанных районах, Так, например, в г. Кирове (Вятка) на улице Карла Либкнехта имеется хорошо сохранившийся саманный дом, возведенный в 80-х годах XIX в., комплекс Приоратского дворца в Гатчине стоит свыше 220 лет. В Лионе до сих пор существует 6-этажное здание кружевной фабрики, построенное в конце XVIII в. Можно привести и много других примеров.

Широкое применение местных строительных материалов в сельской местности, уменьшение потребности дорогостоящих привозных материалов: цемента, леса и металла имеет большое значение. Это позволяет снизить расходы на транспорт, сократить сроки и снизить стоимость строительства.

Из работы /2/ основное сырье для самана и других глиноорганических материалов – глинистые грунты, повсеместно распространенные, являющиеся наиболее доступным и дешевым материалом. Для выяснения пригодности глинистых грунтов определяют предел

прочности при разрыве образцов типа восьмерок, изготовленных из грунта нормальной влажности в пределах 16-20 %. Грунты, обладающие прочностью на разрыв ниже 50 г/см², для глиносырцового строительства не применяются. Лессовые грунты считаются пригодными при прочности не ниже 35 г/см².

Глина является одним из самых экологически чистых строительных материалов и почти на сто процентов может использоваться повторно. Очень важно, что при использовании глины не образуются строительные отходы, ее можно без вреда для природы вернуть в окружающую среду.

К недостаткам глинобитных зданий следует отнести их относительно низкую сейсмостойкость. Это связано с весьма низкой несущей способностью глинобитных стен, прочностные характеристики при изгибе и сжатии приведены в табл. 1.

Для проведения эксперимента в лаборатории «Сейсмостойкое строительство» кафедры «ПВЗиСС» совместно с лабораторией кафедры «ПЭСМИК» изучены физико-механические свойства глиноматериалов. Микроскопическим методом исследования установлено, что в составе породы содержатся кварц, полевой шпат, известняк, органические примеси. Для отработки технологии изготовления образца в лабораторных условиях суглинок с добавками был затворен с водой, и замешанный состав хранился в сосуде в течение 7 дней. Повышение технологических характеристик глиномассы рассматривается способом максимального использования ручных технологических приемов изготовления. Смешивание глины производилось вручную до естественного испарения влаги, до тех пор, пока глиняная масса не перестает прилипать к рукам. Из глиняной смеси методом трамбования изготавливаются образцы нужного размера с учетом усадки. Затем сформированный сырец укладывается в камеру для сушки при температуре 50 °С.

Испытания на виброплатформе проводились согласно ГОСТ 7025-91 /5, 6/.

Таблица 1

Прочностные характеристики глины с разными составами при изгибе и сжатии

Состав в %	R _{изг} , МПа	R _{сж} , МПа	P, кг/м ³
Суглинок 100 %	1,37	3,65	1511
Суглинок 90 % Известь 10 %	0,94	1,22	1367
Суглинок 80 % Известь 20 %	1,35	3	1597
Суглинок 99 % Солома 1 %	1,12	3,65	1,410
Суглинок 97 % Солома 3 %	1,10	4,58	1406

Составной частью глиноорганических материалов являются органические или минеральные наполнители. При добавлении их к глине в определенных количествах снижается усадка глиномассы, уменьшается возможность появления трещин в изделиях из нее при сушке и понижается их размачиваемость.

В качестве органических наполнителей применяют солому, хвою, опилки, мелкую стружку, сорные травы, измельченный камыш и др.

Для изготовления самана для глиносырцового строительства наиболее пригодным наполнителем является ржаная солома, имеющая неровности и зазубрины, которые способствуют лучшему сцеплению с глиной. Пшеничная солома менее пригодна, поскольку имеет гладкую поверхность.

Объемный вес 1 м³ соломы, свободно уложенный в копне или скирде, весит 80-100 кг. Сечка такой соломы весит 125-150 кг/м³.

В качестве минеральных заполнителей может быть использован песок с частицами крупнее 1 мм, гравий и щебень, шлак размером до 30 мм.

Минеральные заполнители диаметром более 10 мм предварительно смачивают глинистым раствором до консистенции жидкой сметаны. Такая обработка повышает сцепление заполнителя с глиной и повышает прочность глиносырцовых конструкций.

Кроме модельных испытаний, существует и натурные исследования различных типов домов /3, 4/. Жилые дома в сельской местности и новостройках в окрестностях г. Бишкек, в основном, возведены традиционным методом – с применением строительных изделий из глинистых материалов, однако без соблюдения норм сейсмостойкости. Одним из путей решения сейсмической безопасности является усиление существующих жилых домов из местных материалов.

Исходя из вышесказанного, жилые дома из местных материалов, возводимые во многих регионах Кыргызстана, можно подразделить на 3 типа:

- 1) дома, стены которых возведены из кирпича-сырца или блоков правильной формы;
- 2) дома с деревянным каркасом и заполнением из глиноматериалов («сынчевые» дома);
- 3) дома, стены которых возведены из глинобита или глиноматериалов неправильной формы («сокмо»).

Лабораторией «Сейсмостойкое строительство» кафедры «Проектирование, возведение зданий и сейсмостойкое строительство» КГУСТА им. Н. Исанова совместно с Центром инновационных технологий и фондом «Хабитат» была проведена серия экспериментов, целью которых являлось испытание 3-х моделей дома размером 2,5 × 3,5 м на сейсмоплатформе КГУСТА и сравнение их на сейсмоустойчивость: из кирпича-сырца с нанесением торкретбетона, сынча (деревянный каркас) с заполнением из глиноорганического материала, глины без заполнителей.

В качестве стенового материала в сельской местности и новостройках имеет большое распространение кирпич-сырец и саманный кирпич, изготовленный с добавлением соломы размером 0,2×0,12×0,4 м и весом более 8 кг. Поскольку виброплатформа рассчитана на грузоподъемность весом не более 15 т, то модель дома из кирпича-сырца в данном случае не подходила. Поэтому стеновым материалом для возведения первой модели дома был выбран кирпич-сырец с тремя полыми отверстиями, размером 0,085×0,12×0,25 м и весом более 4 кг, подготовленный к последующему обжигу.



а)



б)

Рис. 1. Вид модели дома из кирпича-сырца: а) законченный вид, б) фрагмент стены

Для усиления стен использовали крученую полимерную нить (шпагат) диаметром 3 мм. На поверхности стены с шагом 10 см предварительно были забиты гвозди длиной 100 мм с последующей обвязкой в виде сетки этой нитью. С целью обеспечения упругой работы сетки между ней и стеной оставлен зазор в 10-15 мм.

Следующим этапом является нанесение торкретбетона на поверхность стен. Для торкретирования использовали сложный цементно-песчано-известковый раствор в соотношении 1:4:1, который распыляли под давлением 6-8 атм.

Сынчевый дом представляет собой деревянный каркас (рис. 2), 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). В готовый глиняный раствор добавляли пенополистирол в количестве 0,5 % от массы глины и тщательно перемешивали. Полученной полусухой массой заполняли каркас, предварительно соорудив опалубку из фанеры. После высыхания стен для их усиления использовали крученую полимерную нить (шпагат) диаметром 3 мм.



Рис. 2. Модель дома «сынч» в процессе строительства

На внутренней и наружной поверхности стены с шагом 10 см предварительно были забиты гвозди длиной 100 мм с последующей обвязкой в виде сетки этой нитью. С целью обеспечения упругой работы сетки между ней и стеной оставлен зазор в 10–15 мм. Для оштукатуривания стен использовали сложный цементно-песчано-известковый раствор в соотношении 1:4:1.

Для возведения третьей модели использовали опалубки высотой 70 см, которые заполнялись выдержанным до достижения нужной консистенции глиняным раствором без заполнителей.



Рис. 3. Фрагмент стены модели дома «сокмо»

Для регистрации вынужденных колебаний модели дома цифровая измерительная аппаратура GioSIG с акселерометром Guralp CMG-5T была установлена в двух точках: на виброплатформе и уровне покрытия. Схема установки приборов показана на рис. 4.



Рис. 4. Схема расположения приборов на модели дома:
 № 1 – виброплатформа; № 2 – уровень покрытия

Несмотря на высокие достижения и развитие науки в области сейсмостойкого строительства, проблема обеспечения сейсмостойчивости жилых домов является все еще актуальной проблемой нашей жизни.

Во всем мире в сфере строительства для решения вопросов сейсмостойкости зданий и сооружений широко применяются новые, все более совершенные строительные конструкции и материалы.

Но, тем не менее, в нашем регионе на сегодняшний день все еще широко используется строительство домов из местных материалов: кирпича-сырца, «сынч», «сокмо».

Исходя из вышесказанного, существует практическая необходимость в исследовании таких домов с целью решения проблемы усиления их от сейсмических воздействий и других природных явлений.

С этой целью были проведены испытания вышеперечисленных моделей домов на воздействие вынужденных колебаний, создаваемых виброплатформой.

На рис. 5 показана запись колебаний виброплатформы на модели дома из «кирпича-сырца» 4 мая 2012 г. Для построения амплитудного спектра выделены 2 отрезка записи: 1 отрезок – с 32000 до 36000, 2 отрезок – с 44000 до 48000, т.е. в интервале 20 секунд. Полная длительность записи 4 минут 26 секунд. На рис. 6-7 приведены амплитудные спектры для двух выделенных отрезков.

Для регистрации записи ускорений по трем составляющим: Z – вертикальная, горизонтальные X – восток-запад и Y – север-юг были использованы цифровые приборы GioSig.

На рис. 8 представлены записи интенсивности колебаний виброплатформы (балльности) на модели дома из «кирпича сырца» 4 мая 2012 г. с ускорением 20 см/с^2 и 60 см/с^2 . Рис. 9 показывает соответствие этих значений ускорений различным шкалам сейсмической интенсивности /7, 8/.

На рис. 10 приведена запись колебаний виброплатформы на модели сынчевого дома во время эксперимента 1 августа 2012 г. Для построения амплитудного спектра выделены отрезки записи: 1 отрезок – с 17000 до 21000, 2 отрезок – с 25000 до 29000, т.е. в интервале 20 с. Общая длительность записи составляет 5 мин 45 с.

Амплитудно-частотные спектры колебаний модели дома «сынч» на уровне покрытия в пределах двух выбранных отрезков приведены на рис. 11-14. Преобладающая частота для 1-го отрезка $f=7,5 \text{ Гц}$, или период $T=0,133 \text{ с}$; для 2-го отрезка преобладающая частота

$f=7,4 \text{ Гц}$, или значение периода $T=0,135 \text{ с}$. Рис 15 демонстрирует запись интенсивности (балльности) колебаний виброплатформы на модели дома «сынч» 1 августа 2012 г. Разрушение соответствует ускорению 103 см/с^2 .

На рис 16 представлена запись интенсивности (балльности) колебаний на уровне покрытия модели дома «сынч» при эксперименте 1 августа 2012 г. Разрушение соответствует значению ускорения 142 см/с^2 . На рис. 17-18 приведен график соотношения

разных шкал сейсмической интенсивности MSK-64 /7/, EMS-92 /8/ и др. по полученным значениям ускорения.

Для модели дома «сокмо», как и в предыдущих примерах, для построения амплитудного спектра выделены 2 отрезка записи: 1 отрезок – с 8000 до 10000, 2 отрезок – с 12000 до 14000, т.е. в интервале 10 с. Общая длительность записи – 3 мин 50 с (рис. 19). Запись колебаний виброплатформы производилась по трем направлениям: Z – вертикальная, X – восток-запад, Y – север-юг. Записи амплитудных спектров показаны на рис. 20-21.

На рис. 24 приведена запись интенсивности (балльности) колебаний виброплатформы на модели дома «сокмо» 4 сентября 2012 г. Разрушение соответствует значению ускорения 185 см/с^2 .

Величина интенсивности колебаний виброплатформы 185 см/с^2 на модели дома «сокмо» в различных шкалах сейсмической интенсивности показана на рис. 26.

Запись колебаний модели «сокмо» на уровне покрытия, на выбранном отрезке 1, проведена по трем составляющим: вертикальной Z, горизонтальным X – восток-запад и Y – север-юг. Рис. 22-23 представляют соответственно амплитудные спектры колебаний модели дома «сокмо» в двух выделенных отрезках на уровне покрытия.

На рис. 27 представлен график соответствия значений интенсивности колебаний на уровне покрытия 188 см/с^2 модели дома «сокмо» различным шкалам сейсмической интенсивности.

Следует заметить, поскольку сейсмоплатформа является искусственной системой вынужденных колебаний, то налагает определенные ограничения, т.е. ускорения колебаний сейсмоплатформы находятся в обратной зависимости от массы испытываемой модели – чем меньше нагрузка на сейсмоплатформу, тем больше создаваемые ее величины ускорений и смещений (рис. 28). Кроме того, колебания сейсмоплатформы имеют строго горизонтальную направленность, тогда как реальные сейсмические колебания имеют разнонаправленный характер в среде. Отсюда следует объяснение различных записей ускорений на моделях домов, полученных в результате эксперимента.

Таким образом, по результатам проведенного эксперимента можно сделать следующий вывод. Испытание образцов домов из кирпича-сырца, «сынч» и «сокмо» показывает, что данные типы домов подвергаются разрушению при определенных величинах ускорений, откуда следует, что полученные результаты имеют лишь рекомендательный характер по усилению их для дальнейшей защиты от реальных сейсмических воздействий.

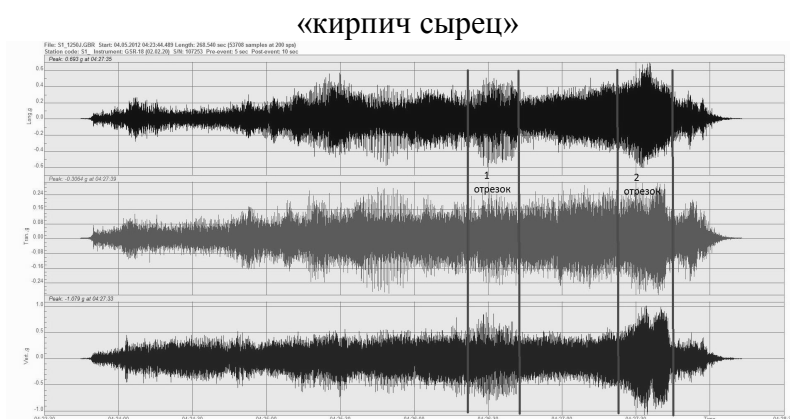


Рис. 5. Запись колебаний на модели дома из «кирпича сырца», виброплатформа, 4 мая 2012 г. Отрезки записи: 1 отрезок – с 32000 до 36000, 2 отрезок – с 44000 до 48000, т.е. в интервале 20 с. Полная длительность записи 4 мин 26 с

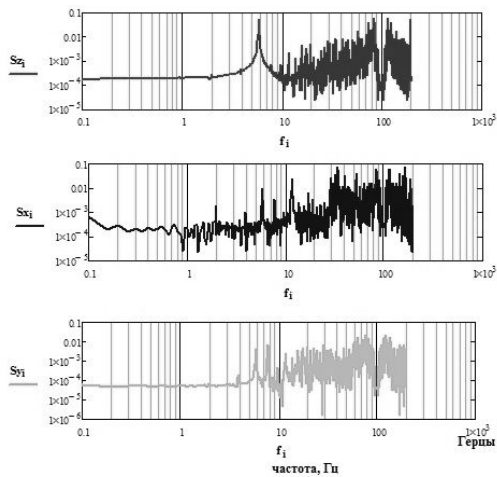


Рис. 6. Запись амплитудного спектра колебаний виброплатформы для отрезка 1. Преобладающая частота по составляющим: оси Z – $f=5,8$ Гц, или период $T=0,172$ с; X (B-3) – $f=1,95; 3,9; 5,8$ и $7,75$ Гц, или периоды $T=0,513; 0,256; 0,172; 0,129$ с; оси Y (C-Ю) – $f=3,9; 5,8$ и $7,75$ Гц, или периоды $T=0,256; 0,172; 0,129$ с

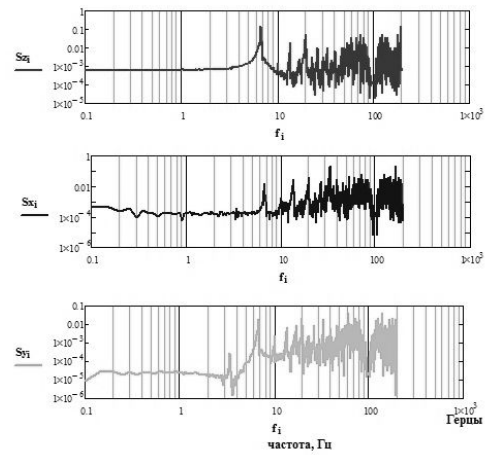


Рис. 7. Запись амплитудного спектра виброплатформы для отрезка 2. Преобладающая частота по составляющей Z – $f=6,7$ Гц, или период $T=0,149$ с; по оси X (B-3) – $f=6,7$ Гц, или периоды $T=0,149$ с; по Y (C-Ю) – $f=3,4; 6,7$ Гц, или периоды $T=0,294; 0,149$ с соответственно

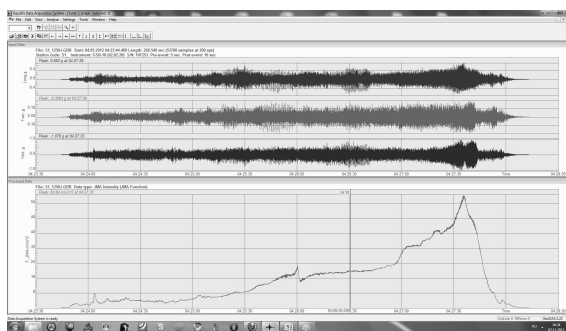


Рис. 8. Запись интенсивности (балльности) колебаний виброплатформы на модели дома из кирпича-сырца, 4 мая 2012 г. Ускорение – 20 см/с^2

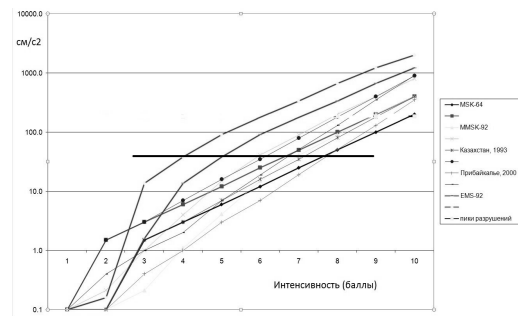


Рис. 9. Величина интенсивности (баллов) колебаний на виброплатформе 60 см/с^2 на модели дома из кирпича-сырца в различных шкалах сейсмической интенсивности

«СЫНЧ»

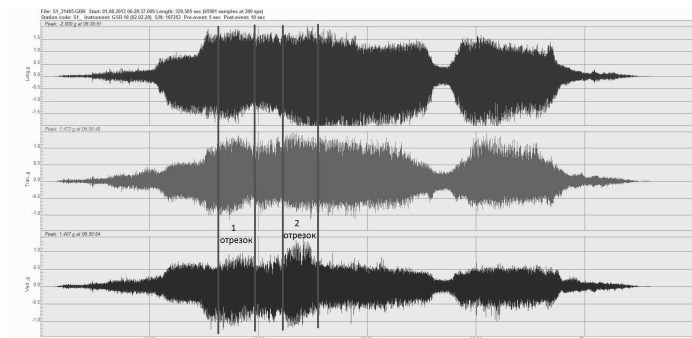


Рис. 10. Отрезки записи: 1 отрезок – с 17000 до 21000, 2 отрезок – с 25000 до 29000, т.е. в интервале 20 с. Общая длительность записи 5 мин 45 с

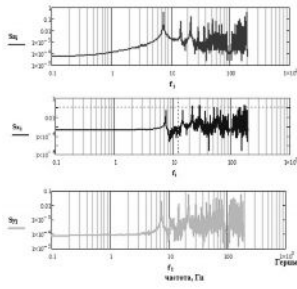


Рис. 11. Запись амплитудного спектра колебаний виброплатформы для отрезка 1. Преобладающая частота $f=7,5$ Гц, или период $T=0,133$ с

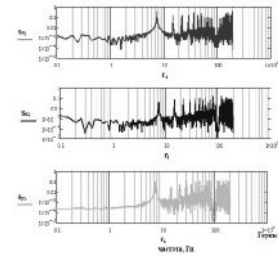


Рис. 12. Запись амплитудного спектра виброплатформы для отрезка 2. Преобладающая частота $f=7,4$ Гц, или период $T=0,135$ с

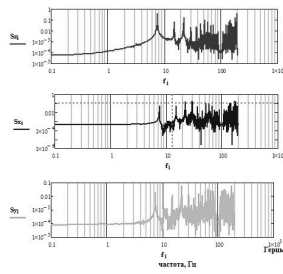


Рис. 13. Запись амплитудного спектра на уровне покрытия для отрезка 1. Преобладающая частота $f=7,5$ Гц, или период $T=0,133$ с

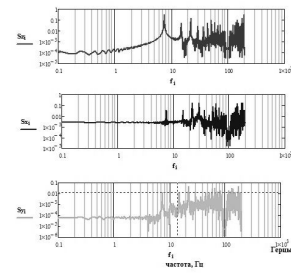


Рис. 14. Запись амплитудного спектра на уровне покрытия для отрезка 2. Преобладающая частота $f=7,4$ Гц, или период $T=0,135$ с

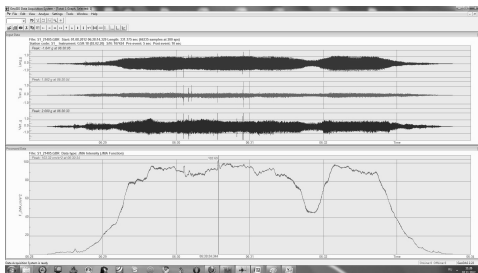


Рис. 15. Запись интенсивности (балльности) колебаний виброплатформы на модели дома «сынч» 1 августа 2012 г. Разрушение соответствует ускорению 103 см/с^2

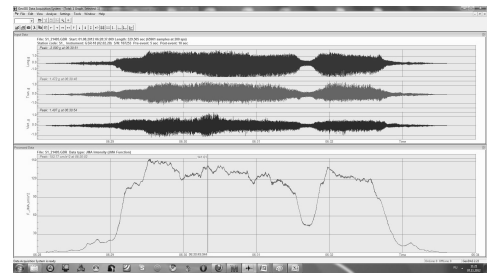


Рис. 16. Запись интенсивности (балльности) колебаний на уровне покрытия модели «сынч», 1 августа 2012 г. Разрушение соответствует 142 см/с^2

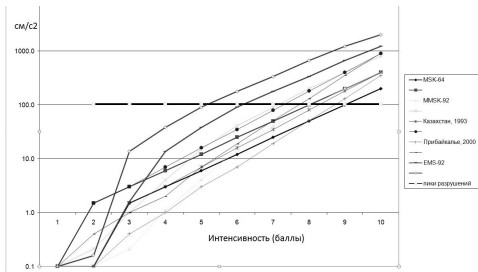


Рис. 17. Величина интенсивности (баллов) колебаний виброплатформы 103 см/с^2 на модели дома «сынч» в различных шкалах сейсмической интенсивности

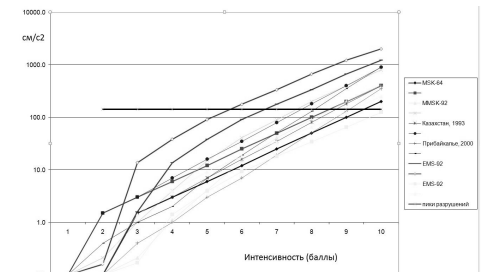


Рис. 18. Величина интенсивности (баллов) колебаний на уровне покрытия 142 см/с^2 на модели дома «сынч» в различных шкалах сейсмической интенсивности

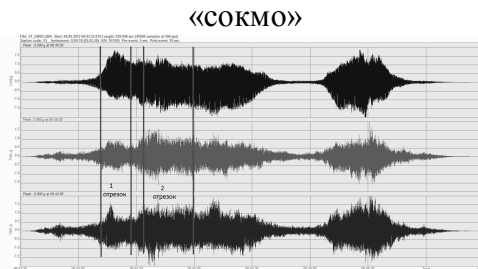


Рис. 19.Отрезки записи: 1 отрезок – с 8000 до 10000, 2 отрезок – с 12000 до 14000, т.е. в интервале 10 с. Полная продолжительность записи 3 мин 50 с

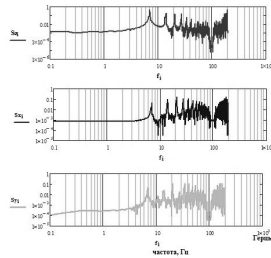


Рис. 20.Запись амплитудного спектра виброплатформы для отрезка 1. Преобладающая частота $f=7,19$ Гц, или период $T=0,139$ с

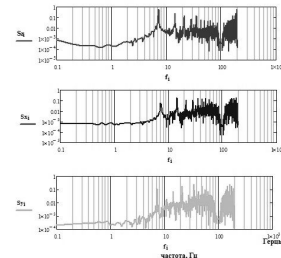


Рис. 21.Запись амплитудного спектра виброплатформы для отрезка 2. Преобладающая частота $f=7,0$ Гц, или период $T=0,142$ с

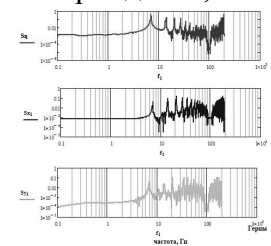


Рис. 22.Запись амплитудного спектра на уровне покрытия для отрезка 1. Преобладающая частота $f=7,0$ Гц, или период $T=0,142$ с

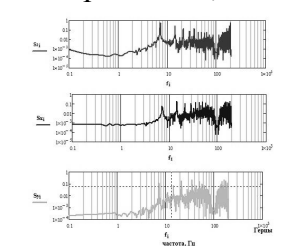


Рис. 23.Запись амплитудного спектра на уровне покрытия для отрезка 2. Преобладающая частота $f=7,2$ Гц, или период $T=0,139$ с

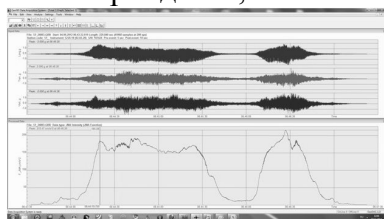


Рис. 24.Запись интенсивности (балльности) колебаний виброплатформы модели дома «сокмо», 4 сентября 2012 г. Разрушение соответствует ускорению 185 см/с^2

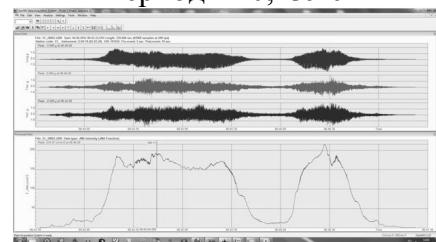


Рис. 25.Запись интенсивности (балльности) колебаний на уровне покрытия модели «сокмо», 4 сентября 2012 г. Разрушение соответствует 188 см/с^2

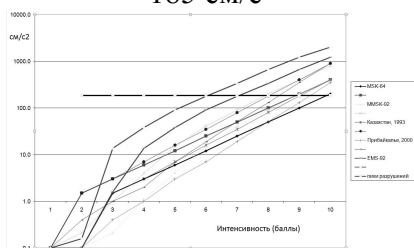


Рис. 26.Величина интенсивности (баллов) колебаний виброплатформы 185 см/с^2 на модели дома «сокмо» в различных шкалах сейсмической интенсивности

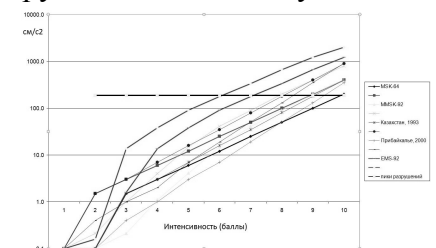


Рис. 27.Величина интенсивности (баллов) колебаний 188 см/с^2 на модели дома «сокмо» в различных шкалах сейсмической интенсивности

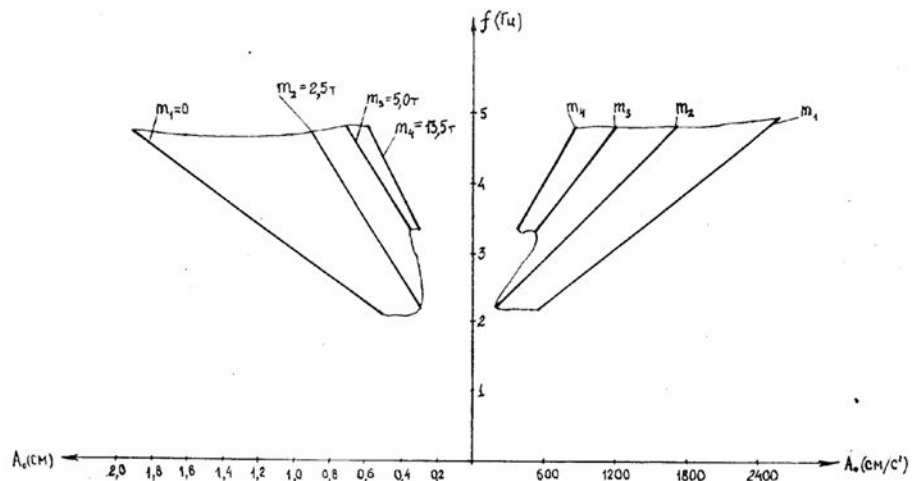


Рис. 28. Зависимость частот и амплитуд колебаний сейсмоплатформы от массы модели

Список литературы

1. Архипов И.И. Механизированное производство и применение самана в сельском строительстве. – М.: Госиздат, по строительству, арх-ре и строймат, 1963. – 134 с.
2. Туполев М.С. Конструкции зданий из глиносырцового и саманного кирпича. – М.: Изд-во Академии архитектуры СССР, 1944. – 64 с.
3. Камчыбеков М.П., Егембердиева К.А. Исследование взаимодействия колебаний грунта и трехэтажного дома, расположенного в зоне свыше 9 баллов // Проблемы механики. – Ташкент: ФАН, 2004. – № 4. – С. 27-30.
4. Камчыбеков М.П., Егембердиева К.А. Определение собственных периодов колебаний существующих зданий и сооружений // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. – М.: ВНИИТПИ, 2004. – № 5. – С. 55-57.
5. СНиП КР 20-02:2009. Сейсмостойкое строительство. Нормы проектирования. – Бишкек, 2009. – 103 с.
6. ГОСТ 7025-91. Кирпич и камни керамические и силикатные. Методы определения водопоглощения, плотности и контроля морозостойкости. – М.: Издательство стандартов, 1991. – 10 с.
7. Медведев С.В., Шпонхойер В., Карник В. Шкала сейсмической интенсивности MSK-64 // Сейсмическое районирование СССР /Под.ред. С.В.Медведева. – М.: Наука, 1968. – С. 158-162.
8. Grunthal, G. European Macroseismic Scale 1998. Cahiers du Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie 1998; Vol.15, pp.1-99.