

## ВИБРОИСПЫТАНИЯ ФРАГМЕНТОВ КИРПИЧНОЙ КЛАДКИ С ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫМИ СЕРДЕЧНИКАМИ

**Шеховцов И.В.**, к.т.н., доцент,

**Петраш С.В.**, к.т.н., доцент,

**Малахов В.В.**, к.т.н.

*Одесская государственная академия строительства и архитектуры*  
iityamal@gmail.com

**Аннотация.** Разработка новых и совершенствование существующих неразрушающих методов контроля параметров, характеризующих качество изготовления конструкции и ее работоспособность в здании или сооружении, весьма актуальна. Для этих целей используют метод неразрушающего вибрационного контроля. Проведены испытания фрагментов кирпичной кладки с железобетонными сердечниками многократноповторяющейся знакопеременной нагрузкой. Установлен характер изменения виброхарактеристик фрагментов кирпичной кладки с железобетонными сердечниками вследствие появления трещин после восприятия статического нагружения.

**Ключевые слова:** кирпичная кладка с железобетонными сердечниками, вибродиагностика, виброхарактеристики, динамические характеристики.

## ВІБРОВИПРОБУВАННЯ ФРАГМЕНТІВ ЦЕГЛЯНОЇ КЛАДКИ З ЗАЛІЗОБЕТОННИМИ СЕРДЕЧНИКАМИ

**Шеховцов І.В.**, к.т.н., доцент,

**Петраш С.В.**, к.т.н., доцент,

**Малахов В.В.**, к.т.н.

*Одеська державна академія будівництва та архітектури*  
iityamal@gmail.com

**Анотація.** Розробка нових і вдосконалення існуючих неруйнівних методів контролю параметрів, що характеризують якість виготовлення конструкції та її працездатність в будівлі або споруді, досить актуальна. Проведено випробування фрагментів цегляної кладки з залізобетонними сердечниками багаторазовоповторюваним знакозмінним навантаженням. Встановлено характер зміни віброхарактеристик фрагментів цегляної кладки з залізобетонними сердечниками внаслідок появи тріщин після сприйняття статичного навантаження.

**Ключові слова:** цегляна кладка з залізобетонними сердечниками, вібродіагностика, віброхарактеристики, динамічні характеристики.

## VIBRATION TEST OF BRICKWORK FRAGMENTS WITH REINFORCED CONCRETE CORE

**Shekhovtsov I.V.**, PhD, assistant professor,

**Petrash S.V.**, PhD, assistant professor,

**Malakhov V.V.**, PhD,

*Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture*  
iityamal@gmail.com

**Abstract.** Modern methods of diagnostics should provide the ability to quickly and fully assess the actual characteristics of buildings structures evaluation, be simple and mobile enough to be used during the design, construction, maintenance, repair, renovation and demolition of buildings. The alternating load tests of brickwork fragments with concrete cores were held. The character of brickwork fragments with concrete cores vibration characteristics changes because of cracking after the perception of static loading was defined. In the result of tests, the natural frequency of experimental samples decreased by 22...31% for the waveform along the x-axis and 27...32% for the waveform along the y-axis. When multiple repeated load applied to sample immediately before the destruction along the x-axis with a frequency of 2 Hz, vibration displacement increased by 44% relatively to the vibration displacement of the sample without cracks. When the frequency of multiply repeated load along the x-axis reached the 4 Hz similar rates increased by 51%. When multiply repeated load applied to sample immediately before the destruction along the y-axis with a frequency of 2 Hz, vibration displacement increased by 21% relatively to the vibration displacement of the sample without cracks. When the frequency of multiply repeated load along the y-axis reached the 4 Hz similar rates increased by 38%.

**Keywords:** brickwork with reinforced concrete cores, vibration monitoring, vibration characteristics, dynamic characteristics.

**Введение.** Истории известны случаи аварий и обрушений во время строительства и эксплуатации зданий, порой с человеческими жертвами. Причинами трагедий чаще всего становятся ошибки, допущенные при оценке запаса прочности конструкции, неудовлетворительная диагностика, не принятие своевременных мер по усилению и ремонту. Избежать подобных событий в будущем позволят более ответственное отношение к эксплуатации зданий, совершенствование методов расчётов, используемых при проектировании, но самое главное – полноценная и своевременная диагностика [1].

Современные методы диагностики должны давать возможность быстро и в полной мере оценить действительные характеристики конструкций зданий, а также быть просты и мобильны, чтобы использоваться на этапах проектирования, строительства, эксплуатации, ремонта, реконструкции и сноса зданий.

Разработка новых и совершенствование существующих неразрушающих методов контроля параметров, характеризующих качество изготовления конструкции и ее работоспособность в здании или сооружении, весьма актуальна. Для этих целей используют метод неразрушающего вибрационного контроля. Большинство разработанных методик основывается на фиксации изменений основных динамических характеристик при оценке качества конструкций. Методы, базирующиеся на измерении виброхарактеристик (виброускорений, виброскоростей и виброперемещений) являются не столь популярными.

**Задачи исследования.** В лаборатории тяжелых бетонов Одесской государственной академии строительства и архитектуры в рамках комплексного исследования совместной работы кирпичной кладки с железобетонным сердечником были проведены вибродиагностические испытания [2].

**Объекты и методы исследования.** Экспериментальные образцы состояли из железобетонного сердечника сечением 380×400 мм зажатого с двух сторон кирпичной кладкой [3]. Высота образца составляла 1900 мм, общая ширина 1400 мм. Толщина кладки – 380 мм (рис.1). В ходе испытаний к железобетонному сердечнику прикладывалась вертикальная статическая нагрузка ступенями, равными по 0.1 от разрушающей. За разрушающую нагрузку было принято значение нагрузки, при котором происходило резкое ее снижение. Помимо этого, к образцу была приложена горизонтальная нагрузка величиной 21 кН (рис. 1). Экспериментальный образец монтировался на металлическую станину, которая являлась частью испытательной установки [4].

Вибрационная нагрузка создавалась с помощью портативной вибромашины, установленной непосредственно на боковой поверхности экспериментального образца. Частота колебаний машины изменялась с помощью частотного преобразователя Danfoss в пределах от

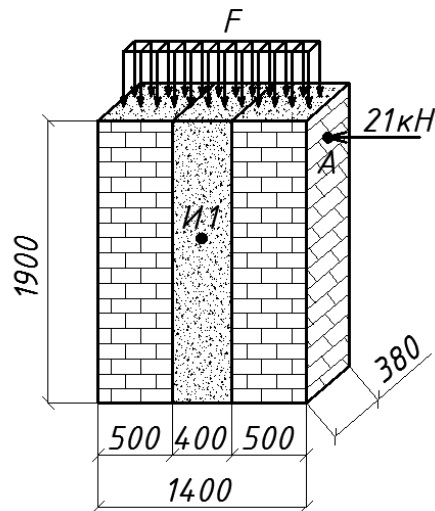


Рис.1. Схема экспериментальных образцов

2 до 12 Гц ступенями равными 2 Гц. На каждой ступени проводились контрольные измерения амплитуды колебаний (прогибов) экспериментальных образцов, а также виброускорения и виброскорости в точке И1. Количество циклов динамического нагружения на каждой ступени соответствовало  $N=600$  сек/Г. Вибрационная нагрузка прикладывалась к образцам в двух направлениях (рис.2). Испытания многократноповторяющейся нагрузкой производились дважды: до приложения статической нагрузки и непосредственно перед разрушением образца.

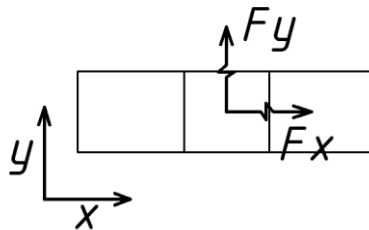


Рис.2. Схема приложения вибронагрузки

На рис. 3 представлен общий вид экспериментального образца непосредственно перед испытаниями. На рис. 4 показан экспериментальный образец с установленной вибромашинной.



Рис.3. Общий вид экспериментального образца непосредственно перед испытаниями



Рис.4. Экспериментальный образец с установленной вибромашиной

На грань бетонного сердечника устанавливалась регистрирующая аппаратура – низкочастотный сейсмический акселерометр Wilcoxon Research 731a, который использовался в качестве вибродатчика для измерения амплитуд ускорений, скоростей и перемещений при вынужденных колебаниях.

Управление процессом измерений амплитуд ускорений, скоростей и перемещений при вынужденных и свободных колебаниях, а также запись и обработка показаний приборов выполнялась с локального рабочего места с помощью системы сейсмомониторинга «Многоканальная измерительная система “Сейсмомониторинг”, версия 1.0» (рис. 5, 6).

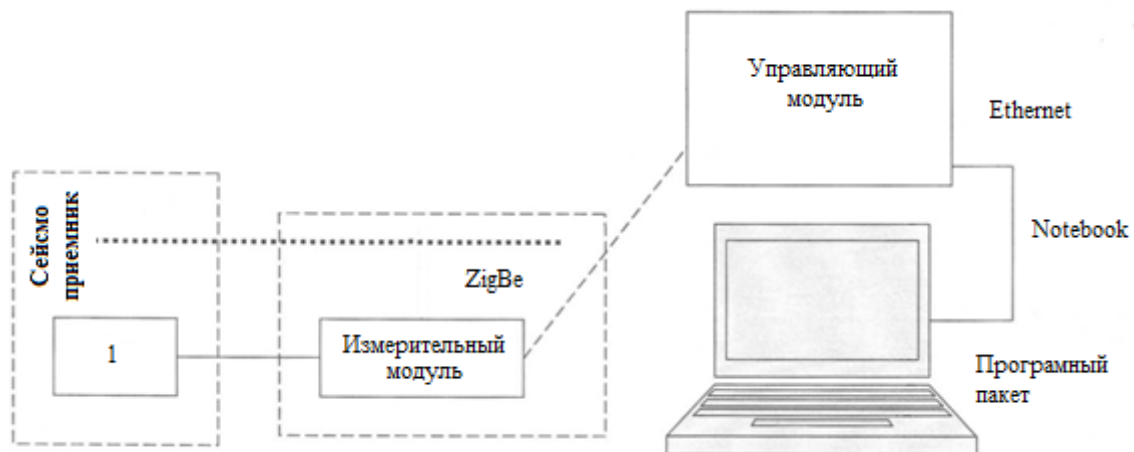


Рис. 5. Система сейсмомониторинга – управление процессом измерений амплитуд ускорений, скоростей и перемещений при вынужденных колебаниях выполняется с локального рабочего места

**Результаты исследования.** По результатам испытания были получены следующие числовые значения виброхарактеристик. При приложении многократно повторяющейся нагрузки вдоль оси X к образцу без трещин виброперемещения составили 0.5515 мкм при частоте 2 Гц и 3.6605 мкм при частоте 4 Гц. При частоте приложения нагрузки 6 Гц виброперемещения экспериментального образца в точке И1 выросли до 19.3839 мкм и при частоте 8 Гц приложения многократно повторяющейся нагрузки снизились до 6.8916 Гц.

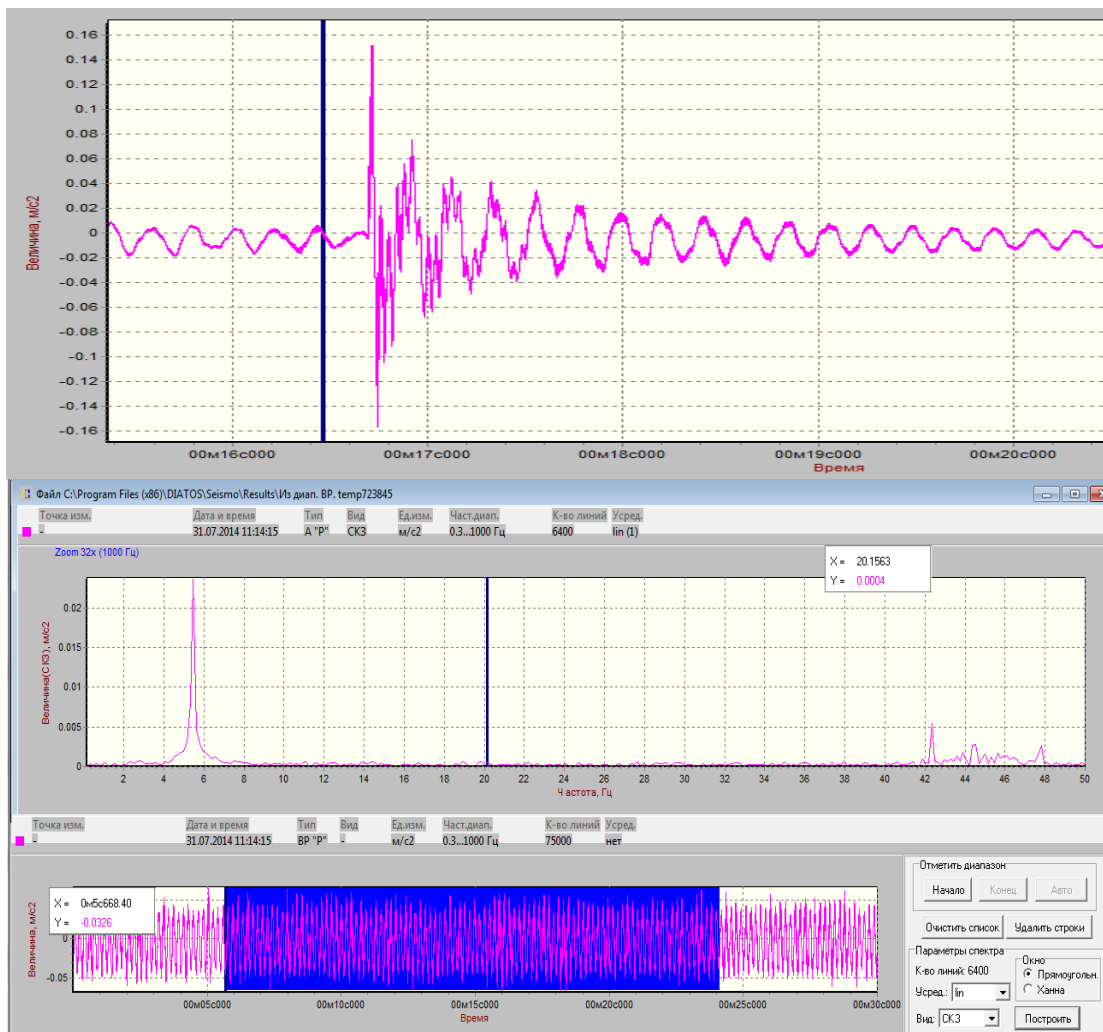


Рис. 6. Анализ и обработка результатов в программном комплексе “Сейсмомониторинг”, версия 1.0

Аналогичные значения при частотах приложения нагрузки 10 Гц и 12 Гц составили 4.8528 мкм и 5.07 мкм соответственно (рис.7).

После восприятия экспериментальным образцом статической нагрузки, величиной 0.9 от разрушающей значения виброперемещений при приложении многократно повторяющейся нагрузки при частоте 2 Гц вдоль оси X составили 0.7901 мкм. При достижении частоты приложения динамической нагрузки 4 Гц виброперемещения составили 5.5072 мкм. На частотах 6 Гц, 8 Гц и 10 Гц значения виброперемещений зафиксированы измерительной аппаратурой величиной 11.2678 мкм, 2.8999 мкм и 4.7142 мкм соответственно.

При приложении многократно повторяющейся нагрузки вдоль оси Y к образцу без трещин виброперемещения составили 1.8716 мкм при частоте 2 Гц и 9.9343 мкм при частоте 4 Гц. При частоте приложения нагрузки 6 Гц виброперемещения экспериментального образца в точке И1 снизились до 4.818439 мкм и при частоте 8 Гц приложения многократно повторяющейся нагрузки снизились до 1.681 Гц. Аналогичные значения при частотах приложения нагрузки 10 Гц и 12 Гц составили 3.293 мкм и 3.8801 мкм соответственно.

После восприятия экспериментальным образцом статической нагрузки, величиной 0.9 от разрушающей значения виброперемещений при приложении многократно повторяющейся нагрузки при частоте 2 Гц вдоль оси Y составили 2.286 мкм. При достижении частоты приложения динамической нагрузки 4 Гц виброперемещения составили 13.7018 мкм. На частотах 6 Гц, 8 Гц и 10 Гц значения виброперемещений зафиксированы измерительной аппаратурой величиной 4.8539 мкм, 4.6145 мкм и 3.784 мкм соответственно.

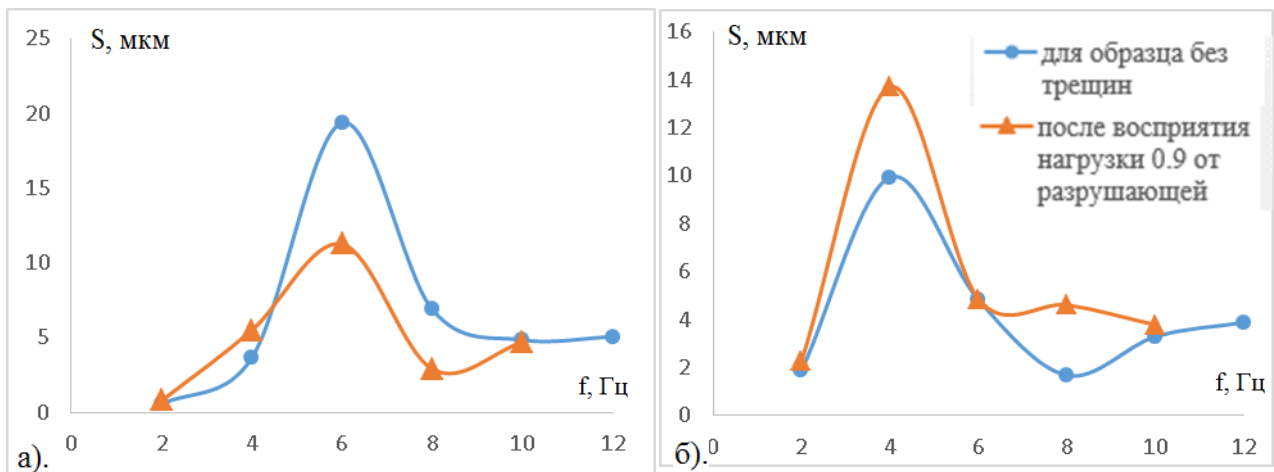


Рис. 7. Числовые значения виброхарактеристик, полученные при приложении динамической нагрузки: а – вдоль оси X; б – вдоль оси Y

**Выводы.** В результате испытания собственная частота колебаний экспериментальных образцов снизилась на 22...31% для формы колебаний вдоль оси X и на 27...32% для формы колебаний вдоль оси Y.

Для анализа результатов испытания многократно повторяющейся нагрузкой при использовании данного испытательного стенда следует принимать данные полученные при частоте колебаний до 4 Гц. На экспериментальные данные виброхарактеристик исследуемых образцов, полученные при частотах приложения многократно повторяющейся нагрузки от 6 Гц и выше, значительное влияние оказывают виброхарактеристики испытательного стенда.

При многократно повторяющейся нагрузке, приложенной вдоль оси X с частотой 2 Гц, виброперемещения образца непосредственно перед разрушением увеличились на 44% по сравнению с виброперемещениями данного образца, полученным до восприятия им каких-либо статических нагрузок. При частоте приложения многократно повторной нагрузки вдоль оси X в 4 Гц аналогичные показатели увеличились на 51%.

При многократно повторяющейся нагрузке, приложенной вдоль оси Y с частотой 2 Гц, виброперемещения образца непосредственно перед разрушением увеличились на 21% по сравнению с виброперемещениями данного образца, полученным до восприятия им каких-либо статических нагрузок. При частоте приложения многократно повторяющейся нагрузки вдоль оси Y в 4 Гц показатели виброперемещений увеличились на 38%.

## Литература

1. Кадомцев М. И. Вибродиагностика строительных конструкций / М.И. Кадомцев, А.А. Ляпин, Ю.Ю. Шатилов. – Ростовский Государственный Строительный Университет, г. Ростов-на-Дону. Электронный научный журнал «Инженерный вестник Дона», 2007–2015, <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n3y2012/941>, 20.07.2016.
2. ДСТУ Б.В.2.6.-7-95 (ГОСТ 8829-94). Конструкції будинків і споруд. Вироби будівельні бетонні та залізобетонні збірні. Методи випробувань навантаженням. Правила оцінки міцності, жорсткості та тріщиностійкості. – Київ, 1997. – 43 с.
3. Корчинский И.Л. Основы проектирования зданий в сейсмических районах / И.Л. Корчинский. – М.: Госстройиздат, 1961. – 487 с.
4. Ключко А.П. Экспериментальное определение жесткости и динамических характеристик колебаний усиленных зданий. / А.П. Ключко. – В сб.: Экспериментальное исследование сооружений. – Ташкент, 1969. – С. 39-47.

Стаття надійшла 3.10.2016