

УДК 624.042.7

**Беспаяев Алий Аббасович – д.т.н, профессор (Алматы, КазНИИССА)  
Джарылкасынов Серик Шамилович – аспирант (Алматы, КазГАСА)**

### **ПОВЕДЕНИЕ СТЕНОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ СВЕРХПРОЧНЫХ БЕТОНОВ ПРИ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗКАХ**

В КазНИИССА выполнены экспериментальные исследования работы стеновых конструкций из сверхпрочных бетонов при действии знакопеременных горизонтальных нагрузок. Испытания образцов проводились в силовом стенде, обеспечивающем возможность одновременного приложения распределенной по длине стены вертикальной нагрузки и сосредоточенной в уровне перекрытия горизонтальной силы.

Опытный образец крепился к станине силового стенда, представляющего собой жесткую замкнутую металлическую раму с упорами, и нагружался статической вертикальной нагрузкой и знакопеременной горизонтальной динамической силой, приложенной к в верхней части образца. Вертикальная нагрузка создавалась с помощью гидравлических домкратов и ручной насосной станции, передающих сжимающее усилие на верхнюю поверхность образца через жесткую траверсу. Горизонтальная нагрузка создавалась с помощью двух гидравлических домкратов и гидродинамического пульсатора МВГ-1, обеспечивавшего знакопеременное изменение горизонтальной силы ( $\rho \approx -1,0$ ) при частоте, равной 1 герцу.

Опытные железобетонные стеновые образцы имитируют натуральные размеры в 1:3 величины и представляют собой стеновую конструкцию размерами в плане 1500x100 мм и высотой 1500 мм. Образцы имеют периферийное и полевое армирование. Периферийная арматура выполнена из вертикальных стержней серповидного профиля Ø12 класса А-400. Полевое армирование образцов выполнено из вертикальных сеток Ф8 А-400 с ячейками 75x75 мм. Вертикальная арматура арматурных каркасов и сеток приварена к опорным пластинам в раззенкованные отверстия.

Испытано три серии по три образца стеновых конструкций. Шесть образцов испытаны при знакопеременном динамическом действии горизонтальной нагрузки, причем уровень горизонтальной нагрузки подбирался таким, чтобы разрушение происходило в течение  $5 \div 200$  циклов нагружения. Остальные образцы испытаны при статическом действии горизонтальной нагрузки, которая увеличивается ступенями вплоть до исчерпания прочности [1].

В процессе испытания образцов стеновых конструкций замерялись следующие параметры:

- деформации периферийной арматуры в сжатой и растянутой зонах - с помощью тензодатчиков с базой 20 мм, наклеенных на арматуру в зоне защемления стены;
- деформации сжатой зоны бетона - с помощью тензодатчиков с базой 50 мм, наклеенных в два ряда по высоте сжатой зоны в нижней части стены;
- деформации полевой арматуры в средней по высоте и ширине части стены - с помощью тензодатчиков с базой 200 мм, наклеенных на горизонтальные и вертикальные стержни полевого армирования стены в центральной части последней;
- деформации полевой арматуры в средней по высоте и ширине части стены - с помощью тензодатчиков с базой 200 мм, наклеенных на горизонтальные и вертикальные стержни полевого армирования стены в центральной части последней;

- деформации бетона в центральной части стены - с помощью розеток тензодатчиков с базой 50 мм, наклеенных в несколько рядов в центральной части стены;

- горизонтальные и вертикальные перемещения контура стены - с помощью вертикальных и горизонтальных прогибомеров ПАО-6 с ценой деления 0,01 мм, установленных по контуру стены;

- величина вертикальной и горизонтальной нагрузки на стену - с помощью динамометров образцового типа, установленных на ручных насосных станциях.

Образцы стеновых конструкций испытаны при постоянной величине вертикальной нагрузки и знакопеременном динамическом действии горизонтальной нагрузки. Динамическое нагружение осуществлялось с помощью гидродинамической машины МВГ-1 и двух гидравлических домкратов мощностью по 100 тс, создававших попеременно действуя знакопеременную горизонтальную силу с частотой один герц.

Образцы Ст-4д и Ст-5д изготовлены в одной партии с образцом Ст-1 [1], испытанном при статическом действии горизонтальной нагрузки. Их испытания проводились при постоянной величине продольной силы  $N=464,7$  МПа, вызывающей сжимающие напряжения, равные 3,1 МПа (5,5% от прочности бетона) и знакопеременном динамическом нагружении горизонтальной силой ( $\rho \approx -1,0$ ) при частоте, равной 1 герцу.

На рисунке 1 представлен фрагмент записи горизонтальных перемещений верхней и нижней частей образца Ст-4д в процессе динамических испытаний.

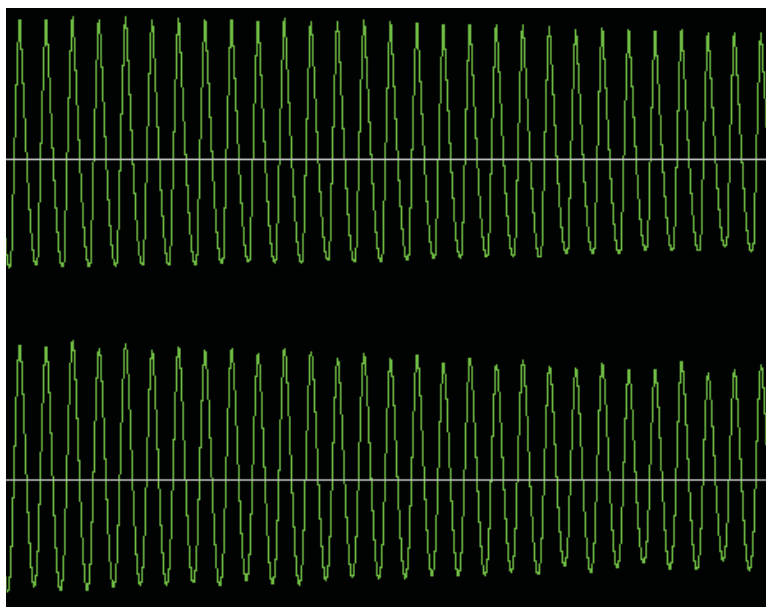


Рисунок 1. Фрагмент записи горизонтальных перемещений верхней и нижней частей образца Ст-4д в процессе динамических испытаний

Образец Ст-4д выдержал 680 циклов нагружений с максимальной величиной горизонтальной силы  $S_n=718$  кН. При этом, сначала образовалась нормальная трещина на растянутой боковой грани стены, затем произошел разрыв крайнего растянутого стержня периферийной арматуры и повреждение сжатой зоны бетона. В процессе повторных нагружений относительный перекося стеновой конструкции увеличился с 1/112 до 1/56 (отношение разницы перемещения верхней и нижней частей образца к высоте образца).

Затем образец Ст-4 был подвергнут статическим испытаниям при действии горизонтальной нагрузки в направлении, противоположном тому, при котором произошел разрыв периферийной арматуры. Разрушение при дополнительном действии

статической горизонтальной нагрузки произошло при величине горизонтальной нагрузки  $S=373,7$  кН, т.е. сравнивая с образцом Ст-1, можно сказать что динамические нагрузки привели к снижению прочности образца на 50%. Предельный перекося при разрушении составил  $1/87$  высоты стены.

Образец Ст-5д выдержал 113 циклов нагружений с максимальной величиной горизонтальной силы  $S_n=753,8$  кН. После образования нормальной трещины на боковой растянутой грани стены произошел разрыв крайнего растянутого стержня периферийной арматуры и повреждение сжатой зоны бетона. В процессе повторных нагружений относительный перекося стеновой конструкции увеличился с  $1/129$  до  $1/67$  (отношение разницы перемещения верхней и нижней частей образца к высоте образца).

Затем образец был подвергнут статическим испытаниям при действии горизонтальной нагрузки в направлении, противоположном тому, которое вызвало разрыв периферийной арматуры. Разрушение при дополнительном действии статической горизонтальной нагрузки произошло при величине горизонтальной нагрузки  $S=540,5$  кН, т.е. сравнивая с образцом Ст-1, можно сказать что динамические нагрузки привели к снижению прочности образца на 28%.

Предельный перекося при разрушении составил  $1/75$  высоты стены.

Образцы Ст-6д и Ст-7д изготовлены в одной партии с образцом Ст-2, испытанном при статическом действии горизонтальной нагрузки. Их испытания проводились при постоянной величине продольной силы  $N=464,7$  МПа, вызывающей сжимающие напряжения, равные  $3,1$  МПа (7 % от прочности бетона) и знакопеременном динамическом нагружении горизонтальной силой ( $\rho \approx -1,0$ ) при частоте, равной 1 герцу.

Образец Ст-6д выдержал 110 циклов нагружений с максимальной величиной горизонтальной силы  $S_n=770$  кН. При этом произошел разрыв крайнего растянутого стержня периферийной арматуры и повреждение сжатой зоны бетона. В процессе повторных нагружений относительный перекося стеновой конструкции увеличился с  $1/133$  до  $1/68$  (отношение разницы перемещения верхней и нижней частей образца к высоте образца).

Затем образец был подвергнут статическим испытаниям при действии горизонтальной нагрузки в направлении, противоположном тому, которое вызвало разрыв периферийной арматуры. Разрушение при дополнительном действии статической горизонтальной нагрузки произошло при величине горизонтальной нагрузки  $S=490,5$  кН, т.е. сравнивая с образцом Ст-2 [1], можно сказать что динамические нагрузки привели к снижению прочности образца на 33%. Предельный перекося при разрушении составил  $1/124$  высоты стены.

Образец Ст-7д выдержал 220 циклов нагружений с максимальной величиной горизонтальной силы  $S_n=728$  кН. При этом произошел разрыв крайнего растянутого стержня периферийной арматуры и повреждение сжатой зоны бетона. В процессе повторных нагружений относительный перекося стеновой конструкции увеличился с  $1/113$  до  $1/70$  (отношение разницы перемещения верхней и нижней частей образца к высоте образца).

Затем образец был подвергнут статическим испытаниям при действии горизонтальной нагрузки в направлении, противоположном тому, которое вызвало разрыв периферийной арматуры. Разрушение при дополнительном действии статической горизонтальной нагрузки произошло при величине горизонтальной нагрузки  $S=475,8$  кН, т.е. сравнивая с образцом Ст-7, можно сказать что динамические нагрузки привели к снижению прочности образца на 35%. Предельный перекося при разрушении составил  $1/43$  высоты стены.

Образцы Ст-8д и Ст-9д изготовлены в одной партии с образцом Ст-3 [1], испытанном при статическом действии горизонтальной нагрузки. Их испытания проводились при постоянной величине продольной силы  $N=464,7$  МПа, вызывающей сжимающие напряжения, равные  $3,1$  МПа ( $11,1$  % от прочности бетона) и знакопеременном динамическом нагружении горизонтальной силой ( $\rho \approx -1,0$ ) при частоте, равной  $1$  герцу.

Образец Ст-8д выдержал  $110$  циклов нагружений с максимальной величиной горизонтальной силы  $S_n=638$  кН. При этом произошел разрыв крайнего растянутого стержня периферийной арматуры по сварке. При этом относительный перекося стеновой конструкции увеличился с  $1/122$  до  $1/54$  (отношение разницы перемещения верхней и нижней частей образца к высоте образца).

Затем образец был подвергнут статическим испытаниям при действии горизонтальной нагрузки в направлении, противоположном тому, которое вызвало разрыв периферийной арматуры. Разрушение при дополнительном действии статической горизонтальной нагрузки произошло при величине горизонтальной нагрузки  $S=424,7$  кН, т.е. сравнивая с образцом Ст-3 [1], можно сказать что динамические нагружения привели к снижению прочности образца на  $14\%$ . Предельный перекося при разрушении составил  $1/124$  высоты стены.

Образец Ст-9д выдержал  $62$  цикла нагружений с максимальной величиной горизонтальной силы  $S_n=528$  кН. При этом произошел разрыв крайнего растянутого стержня периферийной арматуры по сварке стержня и опорной пластине. При этом относительный перекося стеновой конструкции составил  $1/132$  (отношение разницы перемещения верхней и нижней частей образца к высоте образца).

Затем образец был подвергнут статическим испытаниям при действии горизонтальной нагрузки в направлении, противоположном тому, которое вызвало разрыв периферийной арматуры. Разрушение при дополнительном действии статической горизонтальной нагрузки произошло при величине горизонтальной нагрузки  $S=275$  кН, т.е. сравнивая с образцом Ст-3 [1], можно сказать что динамические нагружения привели к снижению прочности образца на  $44\%$ . Предельный перекося при разрушении составил  $1/62$  высоты стены.

На рисунке 2 представлена полулогарфмическая зависимость относительной прочности стеновых конструкций при динамическом нагружении от количества повторных нагружений.

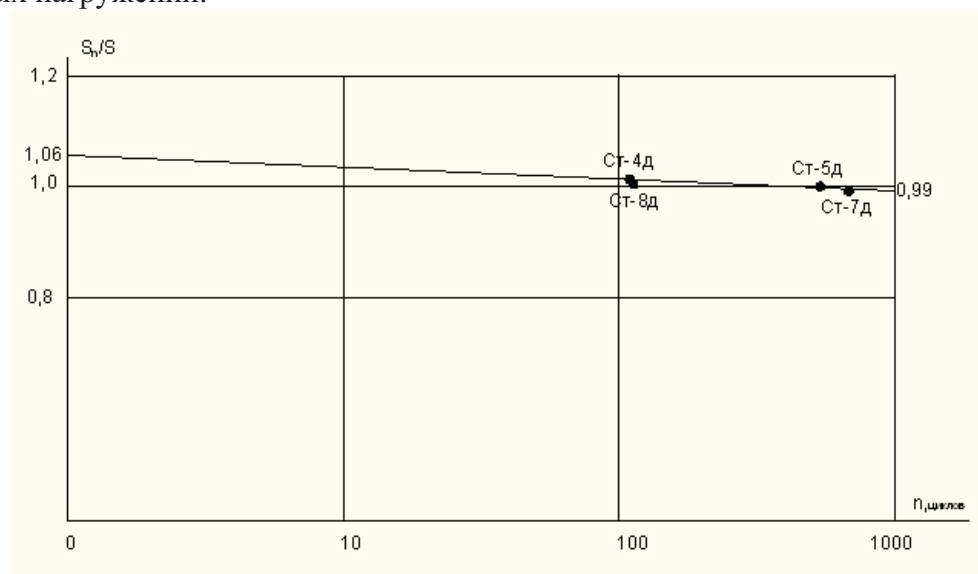


Рисунок 2. Зависимость прочности стеновых конструкций от количества повторных нагружений

Пользуясь методом наименьших квадратов по результатам динамических испытаний первых четырех образцов стеновых конструкций получена следующая эмпирическая полулогарифмическая зависимость величины максимальных напряжений и количества нагружений:

$$S_n = 1,06S(1 - 0,001 \lg n) = 1,06S - 0,023 \lg n \quad (8)$$

Таким образом, прочность стеновых конструкций гораздо меньше зависит от скорости нагружения и количества повторных нагружений, чем сжатые бетонные элементы [2]. Так при частоте нагружения 1 герц динамическое упрочнение стеновых конструкций составляет всего 6%, а при количестве повторных нагружений, равном 1000 циклов, прочность стеновых конструкций снижается на 7%.

**Выводы:**

1. Исследования работы стеновых железобетонных конструкций при динамических нагружениях позволили уточнить характер разрушения при динамических знакопеременных нагружениях. Получена зависимость прочности стеновых конструкций от количества повторных нагрузок.

2. Динамическая прочность стеновых конструкций при частоте нагружения 1 герц составила 6%. Предельный перекося стеновых конструкций при знакопеременных повторных нагрузках составляет  $1/54 \div 1/70$  от высоты стены.

3. Получены данные по остаточной прочности стеновых конструкций после действия знакопеременных повторных нагрузок.

ЛИТЕРАТУРА

1. Беспаяев А.А., Джарылкасынов С.Ш. Прочность стеновых конструкций из сверхпрочных бетонах при горизонтальных нагрузках // Алматы, Вестник КазГАСА, 2010, Алматы, 1999, с.14-19.
2. Беспаяев А.А., Джарылкасынов С.Ш. Прочность и деформативность высокопрочных бетонов при динамическом нагружении / Труды Межд.науч.-техн. конф. «Механика и строительство транспортных сооружений». Алматы, 2010, с. 229-234.

*УДК 621.9.048 (075)*

**Сейткулов Абдумалик Рахимович – к.т.н., и.о.доцента  
(Шымкент, МКТУ им.Х.А.Ясави)**

***ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ПОКРЫТИЙ ВАКУУМНЫМ  
ИОННО-ПЛАЗМЕННЫМ МЕТОДОМ***

Формирование покрытий вакуумным ионно-плазменным методом происходит на атомном уровне путем встраивания атомов в кристаллические узлы решетки элементарных структур, имеющих на базовой поверхности конденсации или структур, возникающих из-за флуктуационных процессов на этапе роста покрытия. Дальнейшее развитие таких элементарных структур, в общем случае, происходит в соответствии со статистическими и термодинамическими принципами под влиянием изменения внешних условий, определяемых режимами напыления. Следовательно, развитие элементарных структур покрытий, которые, собственно, и определяют их эксплуатационные свойства, происходит копированием или наследованием определенных признаков, заложенных на начальном этапе развития системы. При этом необходимо выделять начальную