

К ОЦЕНКЕ СЕЙСМОСТОЙКОСТИ СОЕДИНЕНИЙ СЭНДВИЧ-ПАНЕЛЕЙ СО СТАЛЬНЫМ КАРКАСОМ С ПОМОЩЬЮ САМОСВЕРЛЯЩИХ ШУРУПОВ «HARPOON»

**А.В.ГРАНОВСКИЙ, канд. техн. наук,
А.И.ДОТТУЕВ, инженер
(Центр исследований сейсмостойкости сооружений
ЦНИИСК им.В.А.Кучеренко, Москва)**

Изложены результаты экспериментальных исследований по оценке сейсмостойкости самосверлящих шурупов «HARPOON» (компания GLOBAL RIVET) на действие динамической нагрузки. В процессе испытаний с помощью двухкомпонентной виброплатформы динамические воздействия моделировались в виде циклической (гармонической) нагрузки, импульсного воздействия (сейсмический удар) и повторяющейся импульсной нагрузки. По результатам испытаний даны рекомендации по применению крепежных элементов «HARPOON» для крепления навесных сэндвич-панелей к элементам стального каркаса зданий, возводимых в районах с сейсмичностью 7-9 баллов.



Ключевые слова: самосверлящие шурупы, сэндвич-панели, динамическая нагрузка, сейсмический удар.

Сейсмическая безопасность строительных конструкций базируется на соблюдении трех основных принципов. Это:

- качество изготовления и монтаж конструкций;
- надежность запроектированной конструкции с точки зрения соответствия требованиям норм в части прочности и жесткости;
- долговечность материала конструкций, эксплуатируемых в тех или иных климатических условиях.

Анкерный крепеж один из немногих конструктивных элементов правила применения которого в строительной отрасли не регламентируются ни одним из существующих в стране нормативных документов. Особенно остро этот вопрос стоит при использовании крепежа для крепления конструкций зданий, возводимых в сейсмоопасных районах. В настоящее время основным критерием оценки сейсмостойкости анкерного крепежа является эксперимент.

В Центре исследований сейсмостойкости сооружений ЦНИИСК им.В.А. Кучеренко разработана программа и методика экспериментальной оценки сейсмостойкости анкерного крепежа применительно к самосверлящим шурупам, предназначенным для крепления сэндвич-панелей к стальному каркасу, включающая в себя следующие этапы.

1. Статические испытания шурупов (по пять образцов каждой марки) на вырыв из стальных балочных конструкций. По результатам статических испытаний устанавливается предельная разрушающая (ультимативная — по терминологии европейских норм — ETAG 001 [1]) нагрузка вырыва. Статические испытания шурупов на вырыв проводятся по одной из методик, изложенных в СТО 44416204-010-2010 [2].

2. Динамические испытания на виброплатформе фрагмента стальной рамы с закрепленными на ней с помощью самосверлящих шурупов сэндвич-панелями. В соответствии с программой исследований параметры ди-

намических воздействий при испытаниях фасадной системы принимались следующие:

- частота изменения нагрузки составляла от 1 до 10 Гц при количестве циклов нагружения при заданном значении частоты — 300-500 циклов;
- амплитуда колебаний системы изменилась в интервале от 1,0 мм до 50 мм;
- динамической нагрузки на шурупы определялась в процессе испытаний в зависимости от значений продольных и поперечных ускорений системы в точках крепления сэндвич-панелей с помощью самосверлящих шурупов.

3. После завершения динамических испытаний системы каждый тип шурупа испытывался на действие статической нагрузки до его разрушения при вырыве. Результаты повторных статических испытаний сравнивались с результатами первичных статических испытаний. На основе этого сравнения оценивалось влияние динамических воздействий на несущую способность самосверлящих шурупов. Описанная программа была использована для оценки сейсмостойкости самосверлящих шурупов «HARPOON» (компания GLOBAL RIVET) типов HSP-R-S19, HSP14-R-S19 и HSP25-R-S19 (рис.1).

Статические испытания шурупов (первый этап)

По результатам этого этапа испытаний была установлена несущая способность шурупов, указанных выше типов до их динамических испытаний. В табл.1 приведены результаты статических испытаний шурупов.

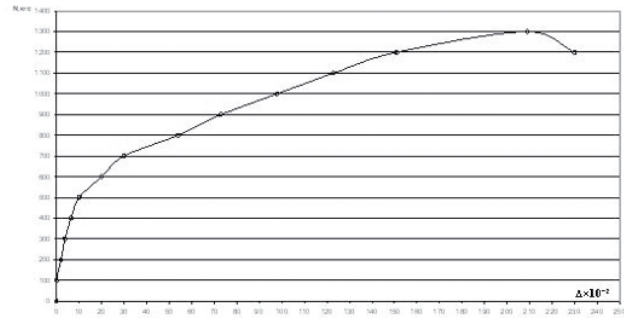
На рис.2 (а, б) приведены графики зависимости «нагрузка-перемещение» для испытанных типов шурупов.

Динамические испытания

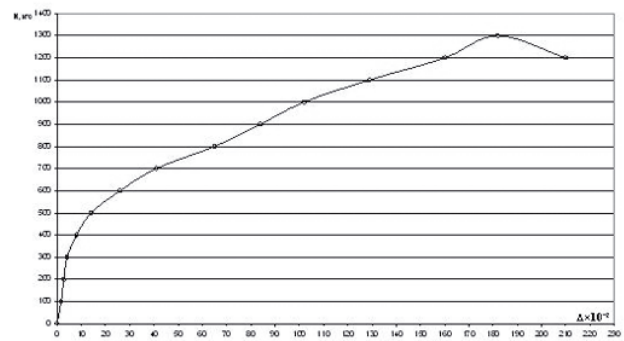
Динамические испытания навесной фасадной системы с облицовкой сэндвич-панелями, закрепленной к каркасу с помощью шурупов «HARPOON» проводились



Рис. 1.



Шуруп HSP25-R-S19



Шуруп HSP14-R-S19

Рис. 2.

Таблица 1.

№ п/п	Усилие вырыва (кН) для шурупов типа					
	HSP25-R-S19		HSP14-R-S19		HSP-R-S19	
	N_I	N_{CP}	N_I	N_{CP}	N_I	N_{CP}
1	12,9	12,96	13,0	13,0	13,0	13,0
2	12,9		13,2		13,1	
3	13,0		13,1		13,2	
4	13,1		12,9		13,0	
5	12,9		12,9		12,9	

Таблица 2.

Параметры динамического нагружения платформы

№ режима	Частота f (Гц)	Амплитуда A (мм)	Ускорение a (m/c^2)
1	4,2	1,0	0,72
2	5,3	1,0	1,10
3	6,0	1,1	1,52
4	6,9	0,7	1,36
5	7,9	1,3	3,19
6	8,6	1,9	5,51
7	3,1	2,1	0,79
8	4,1	2,1	1,41
9	4,8	2,0	1,84
10	5,4	2,1	2,39
11	6,7	3,5	6,13
12	2,9	4,2	1,39
13	4,0	3,8	2,42
14	5,0	3,9	3,80
15	6,0	2,9	4,14
16	6,3	4,9	7,60
17	2,1	7,1	1,23
18	2,8	7,7	2,37
19	3,8	7,7	4,39
20	4,8	6,8	6,16
21	5,6	5,1	6,32
22	2,1	14,3	2,49
23	2,6	16,6	4,43
24	3,4	15,5	7,05
25	4,0	14,7	9,27
26	1,8	21,4	2,73

на маятниковой виброплатформе (рис.3). Колебания платформы-маятника, на который установлен испытательный стенд, возбуждаются с помощью вибромашины ВИД-12, закрепленной на платформе. За счет инерционной силы, развиваемой ВИД-12, обеспечивается тот или иной частотный спектр от 1 до 15 Гц воздействий на испытательный стенд и определенный уровень амплитуды колебаний платформы. Как показали испытания, максимальная величина амплитуды колебаний платформы при использовании ВИД-12 составляет 150 мм. В зависимости от поставленной задачи вместо инерционной нагрузки на платформу от вибромашины возможно возбуждение колебаний платформы обеспечить за счет ударного воздействия. Испытания показали, что в момент удара максимальное ускорение на уровне основания стенда в зависимости от массы опытного образца может составлять от 1,0 до 10,0 Гц.

Основные этапы загрузки фасадной системы приведены в табл.2. Приведенные в табл.2 значения по цветовой гамме соответствуют зонам сейсмичности, указанным



Рис. 3.

на карте сейсмического районирования территории РФ (рис.4).

Анализ результатов натуральных динамических испытаний навесных сэндвич-панелей, закрепленных в стальной



Рис. 4.

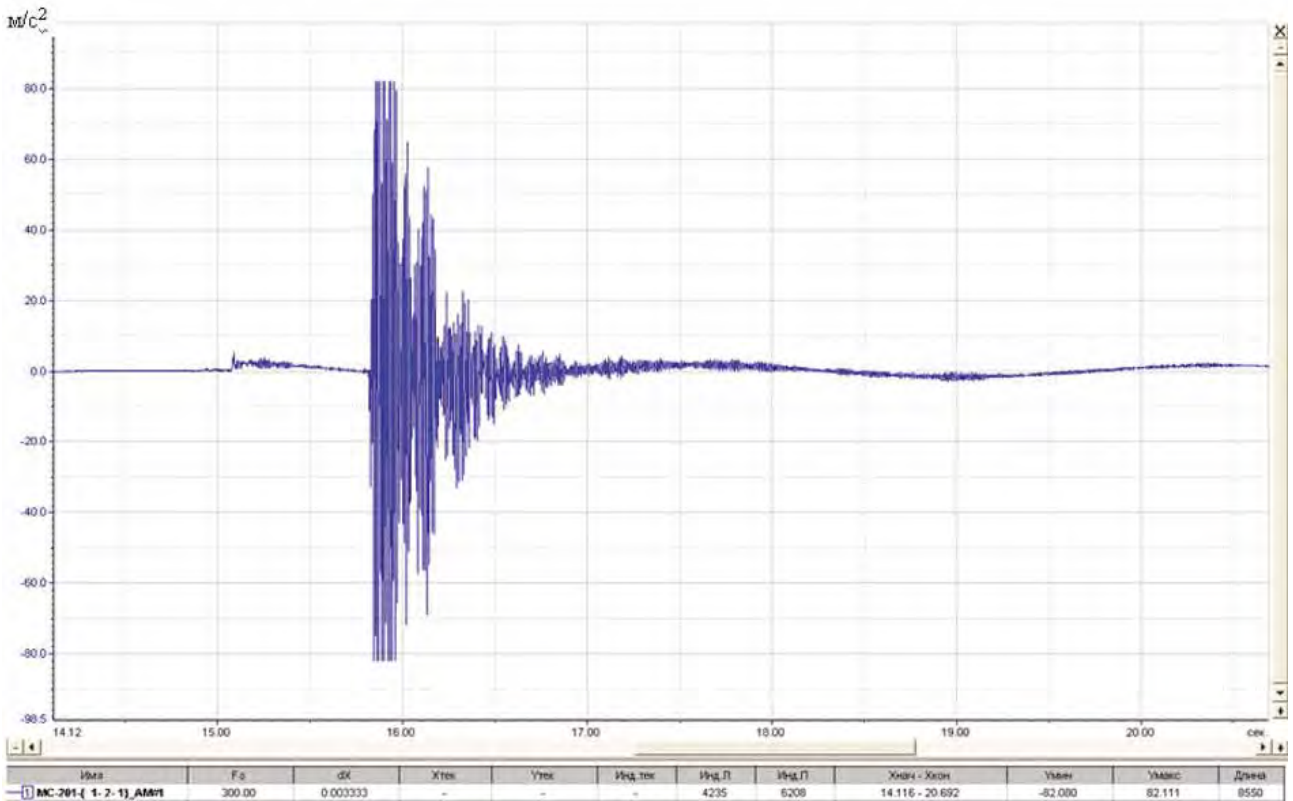


Рис. 5.

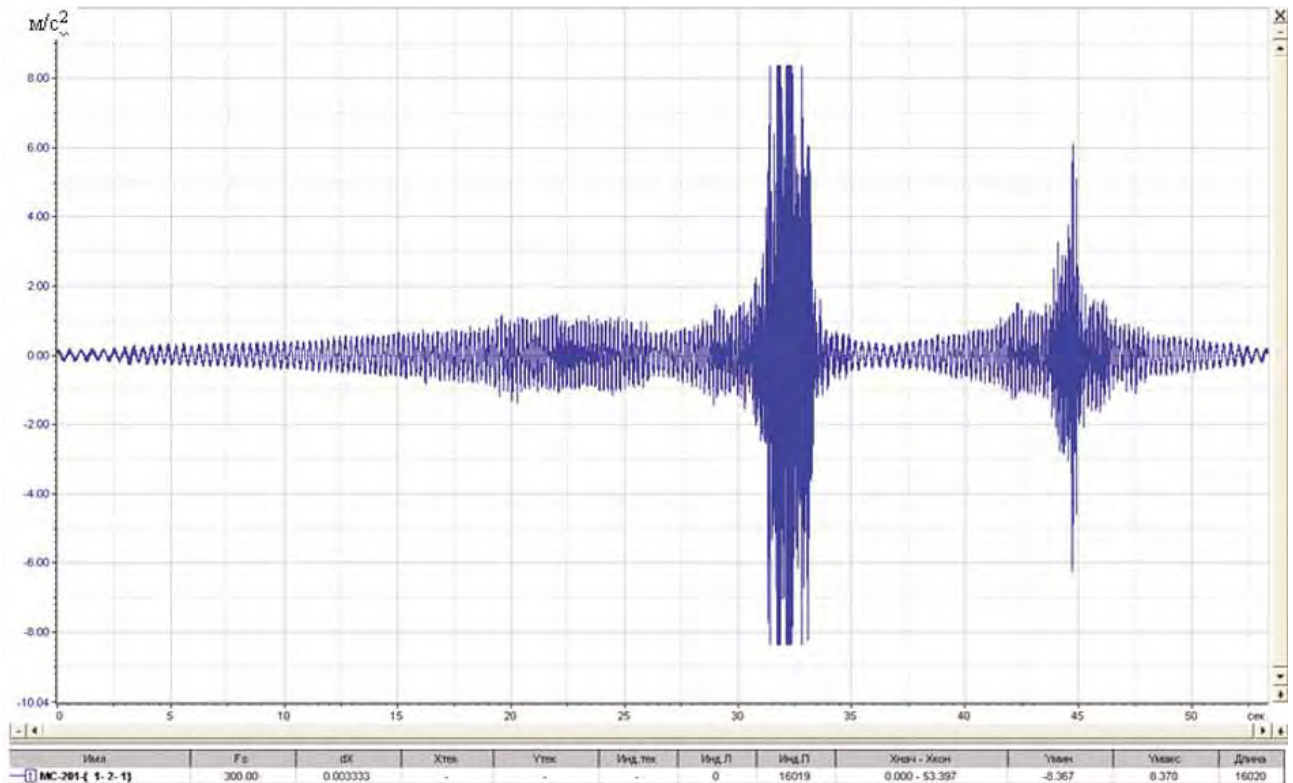


Рис. 6.

каркас с помощью самосверлящих шурупов «HARPOON», позволяет отметить следующее.

1. В процессе испытаний значение величины ускорения виброплатформы по данным акселерометров, установ-

ленных на ней, изменялось в интервале от 0.72 до 9.27 м/с² (что превышает принятое в СНиП [3] значение ускорения для сейсмической зоны в 9 баллов — 4 м/с²). Значения частоты колебаний системы изменялись в интервале

Таблица 3.

Тип шурупа	Величина разрушающей нагрузки (N_{cp}) при статических испытаниях шурупов на вырыв (кН)	
	До динамических испытаний	После динамических испытаний
HSP25-R-S19	12.96	13.0
HSP14-R-S19	13.0	12.93
HSP-R-S19	13.0	13.06

от 1.8 до 8.6 Гц, а амплитуды колебаний системы — от 0,7 до 21,4 мм. При этом ускорение по данным акселерометров, закрепленных на внешней облицовке сэндвич-панелей в разных точках модели изменялось в интервале от 0,01 до 11,31 м/с².

2. Впервые в практике отечественных экспериментальных исследований были проведены испытания системы на ударное воздействие. При испытаниях экспериментальной модели на динамический удар, соответствующий ускорению более 8g (или 80 м/с²), эксплуатационная надежность креплений не была нарушена. На рис.5 приведена акселерограмма, полученная при испытании системы на импульсное воздействие (сейсмический удар).

3. Во время испытаний в момент, когда собственные частоты колебаний модели совпали с вынужденными частотами колебаний виброплатформы система вошла в резонанс. На рис.6 показана акселерограмма, построенная при динамических испытаниях системы на повторяющуюся импульсную нагрузку. Как видно из акселерограммы в процессе испытаний было зафиксировано два момента вхождения системы в резонанс. При резонансе эксплуатационная надежность креплений не была нарушена.

Статические испытания (3-ий этап)

После завершения динамических испытаний сэндвич-панелей, закрепленных к стальному каркасу с помощью самосверлящих шурупов «HARPOON» типов HSP-R-S19, HSP14-R-S19 и HSP25-R-S19, указанные шурупы были освобождены от слоя сэндвич-панелей и испытаны на действие статической продольной относительно их оси нагрузки.

В табл.3 представлены результаты статических испытаний шурупов «HARPOON» на вырыв из элементов стального каркаса

Анализ результатов статических испытаний анкеров до и после динамических исследований системы, состоящей из сэндвич-панелей, закрепленных к стальному каркасу с помощью самосверлящих шурупов «HARPOON», показал, что влияние динамической нагрузки, направленной вдоль и поперек оси шурупа, на прочность шурупов типов HSP-R-S19, HSP14-R-S19 и HSP25-R-S19 (компания GLOBAL RIVET) при действии сейсмических нагрузок, соответствующих 7-9 балльной сейсмике, не выявлено: несущая способность шурупов на вырыв из стальных балок не изменилась.

При применении в сейсмических районах шурупов типов HSP-R-S19, HSP14-R-S19 и HSP25-R-S19, а так же аналогичных шурупов серии HSP компании GLOBAL RIVET для крепления навесных сэндвич-панелей к элементам стального каркаса здания несущая способность шурупов на вырыв может приниматься такой же, как и в случае использования этих анкеров в обычных районах.

Общий вывод

Фасадные системы с использованием навесных сэндвич-панелей и анкерного крепежа в виде самосверлящих шурупов «HARPOON» типов HSP-R-S19, HSP14-R-S19 и HSP25-R-S19, а так же аналогичных шурупов серии HSP, может быть рекомендована для применения в регионах РФ с 7-9 балльной сейсмикой.

Литература

1. ETAG 001. *Guideline for European Technical Approval of Metall Anchors for Use in Concrete. Edition 1997.*
2. СТО 44416204-010-2010. *Стандарт организации. Крепления Анкерные. Метод определения несущей способности по результатам натурных испытаний.* — М.: 2011.
3. СП 14.13330.2011. *Актуализированная редакция СНиП II-7-81*. Строительство в сейсмических районах.*

Материалы хранятся в Лаборатории обследования и усиления сейсмостойких конструкций, ЦНИИСК им.В. А. Кучеренко, ОАО «НИЦ «Строительство» по адресу: 109428, г. Москва, 2-ая Институтская ул., д.6. Тел.: (499) 174-77-87. E-mail: arcgran@list.ru, arturo82@mail.ru.