



Федеральное агентство по управлению
государственным имуществом
Открытое акционерное общество
"Научно-исследовательский центр "Строительство"
(ОАО "НИЦ "Строительство")
«Центральный научно-исследовательский институт
строительных конструкций имени В.А. Кучеренко»

ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко

УТВЕРЖДАЮ:

Директор
ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко
доктор технических наук



И.И.Ведяков

2010г.

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ОТЧЕТ

по теме: **«Проведение исследований конструкций из ячеистобетонных
блоков YTONG производства ЗАО «Кселла-Аэроблок-Центр» на клею
марки YTONG для сейсмостойких стен зданий»**

Договор о научно-техническом сотрудничестве от 5 октября 2009г.

Руководитель ЦИСС,
кандидат технических наук

Заведующий Лабораторией,
кандидат технических наук

Научн. сотрудник

В.И.Смирнов

А.В.Грановский

Б.К.Джамуев

Москва 2010 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	стр.
1. Введение	3
2. Описание опытных образцов	5
2.1. Экспериментальные образцы для определения прочности нормального сцепления кладки по неперевязанному шву	12
2.2. Экспериментальные образцы для определения прочности элементов кладки при сдвиге	15
2.3. Экспериментальные образцы фрагментов стен для испытаний на перекос	18
2.4. Экспериментальные образцы фрагментов стен для испытаний на центральное и внецентренное сжатие	21
2.5. Экспериментальные образцы балок (перемычек) из ячеистобетонных блоков	25
3. Результаты экспериментальных исследований прочности и деформативности кладки стен (простенков) из ячеистобетонных блоков при различных видах силовых воздействий	28
3.1. Испытания опытных образцов на осевое растяжение (нормальное сцепление)	28
3.2. Испытания опытных образцов кладки на действие сдвигающих усилий (касательное сцепление)	33
3.3. Испытания опытных образцов фрагментов стен на перекас	36
3.4. Испытания опытных образцов фрагментов стен (простенков) на центральное и внецентренное сжатие	43
3.5. Испытания опытных образцов балок (перемычек) на изгиб.	50
4. Динамические испытания стены с проемом из ячеистобетонных блоков, изготовленных по технологии YTONG фирмой ЗАО «Кселла- Аэроблок-Центр»	55
4.1. Задачи проводимых экспериментальных исследований	56
4.2. Программа и методика испытаний фрагмента стены из ячеистобетонных блоков фирмы YTONG	57
4.3. Оборудование для испытаний фрагмента стены из ячеистобетонных блоков фирмы YTONG на сейсмические нагрузки	61
4.4. Результаты испытаний и их анализ	69
5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Выводы и рекомендации	77
Список литературы	80
Приложение 1 – Результаты динамических испытаний фрагмента ячеистобетонной стены с проемом	81
Приложение 2 - Свидетельство	90

1. Введение

Настоящий научно-технический отчет составлен по результатам выполненных экспериментальных исследований прочности и деформативности кладки стен из ячеистобетонных блоков (газобетона), изготовленных фирмой ЗАО «Кселла-Аэроблок-Центр» по технологии YTONG. Исследования проведены в соответствии с программой работ по договору о создании научно-технической продукции с фирмой ЗАО «Кселла-Аэроблок-Центр» (г. Можайск).

Цель работы – оценка эффективности применения кладки из ячеистобетонных блоков фирмы YTONG с использованием клеевых составов вместо цементных растворов для наружных и внутренних несущих и самонесущих стен, возводимых как в обычных, так и в сейсмических районах РФ.

Программа экспериментальных исследований состояла из следующих этапов:

- экспериментальные исследования прочности кладки при осевом растяжении по неперевязанному сечению (нормальное сцепление) при использовании цементных растворов и специальных клеевых составов;
- экспериментальные исследования прочности кладки при действии сдвигающих усилий (касательное сцепление) при использовании цементных растворов и специальных клеевых составов;
- экспериментальные исследования прочности и деформативности гибких простенков при центральном и внецентренном сжатии;
- экспериментальные исследования прочности и деформативности фрагментов стен из ячеистобетонных блоков при действии сдвигающих усилий - перекося (моделирование горизонтальных сейсмических воздействий в плоскости стен). Исследовалась кладка на цементных растворах и специальных клеевых составах;

– экспериментальные исследования работы гибких изгибаемых балок (перемычек) из ячеистобетонных блоков, соединенных между собой с помощью клеевого состава. Рассмотрим варианты усиления перемычек углеволокном;

– экспериментальные исследования прочности и деформативности фрагментов стен с проемами, выполненных в натуральную величину, на действие статической и динамической (сейсмической нагрузок);

Экспериментальные исследования проводились в Лаборатории сейсмостойкости конструкций Центра исследований сейсмостойкости сооружений ЦНИИСК им. В.А.Кучеренко (ОАО «НИЦ «Строительство»).

2. Описание опытных образцов

Экспериментальные исследования работы кладки стен из ячеистобетонных блоков производства фирмы ЗАО «Кселла-Аэроблок-Центр» проводились как на фрагментах кладки (испытания на сцепление и сдвиг слоев), так и на образцах стен (на моделях и на образцах, выполненных в натуральную величину). Опытные образцы были изготовлены из доставленных с фирмы ЗАО «Кселла-Аэроблок-Центр» ячеистобетонных блоков непосредственно в лабораторном цехе Центра исследований сейсмостойкости сооружений.

Для оценки прочности элементов кладки – ячеистобетонных блоков и раствора в швах кладки были проведены испытания кубов, выполненных из ячеистобетонных блоков доставленных с завода, и растворных кубов, изготовленных одновременно с опытными образцами.

Определение прочности бетона ячеистобетонных блоков

Кубики, выпиленные из газобетонных блоков, были испытаны в соответствии с действующими нормативными и рекомендательными документами [1-8]. Испытания ячеистобетонных кубов проводились на прессе по ГОСТ 10180-90 [1]. Нагрузка на образец возрастала непрерывно с постоянной скоростью до момента его разрушения

Величина кубиковой прочности ячеистого бетона (\bar{R}) определялась по формуле:

$$\bar{R} = \frac{\alpha \times P \times k_w}{A},$$

где P - величина разрушающей нагрузки (Н);

A - рабочая площадь сечения куба (см²);

α - масштабный коэффициент для приведения прочности бетона к прочности бетона в образцах базовых размера и формы;

k_w - поправочный коэффициент для ячеистого бетона, учитывающий влажность образцов в момент испытания (по данным НИИЖБ коэффициент вариации для ячеистого бетона, изготавливаемого на заводе фирмы ЗАО «Кселла-Аэроблок-Центр», равен $v=0,06$).

Определение прочности растворных кубов

Испытания растворных кубов, изготовленных одновременно с опытными образцами из ячеистобетонных блоков, проводились по методике ГОСТ 5802-86 [2]. Размеры кубов по ГОСТ составляли 7,07x7,07x7,07см.

Величина кубиковой прочности раствора определялась по формуле:

$$\bar{R}_p = \frac{P}{A},$$

На рис. 2.1 показаны кубы, выпиленные на заводе из ячеистобетонных блоков и доставленные в ЦНИИСК им. В.А.Кучеренко, а также момент испытания на сжатие куба в прессе. В таблице 2.1 приведены результаты испытаний кубов из ячеистого бетона. По результатам испытаний кубов установлено, что при плотности ячеистого бетона D600 по прочности на сжатие бетон ячеистобетонных блоков соответствует классу В3.5.

На рис. 2.2 показаны растворные кубики, изготовленные из раствора для кладки опытных образцов балок и стен, и момент их испытания на сжатие. В таблице 2.2 приведены результаты испытаний растворных кубов, изготовленных из раствора, использованного для кладки образцов из ячеистобетонных блоков.



**Рис. 2.1. Общий вид образцов-кубов до и в момент
испытания их на сжатие**

Таблица 2.1.

Результаты испытаний кубов из ячеистого бетона на сжатие

№ п.п.	Наименов. блока	Размеры кубов b*d*h (см)	Масса (кг)	Марка бетона (кг/м ³) по средней плотности (данные испытаний)	Средняя влажн-ость, %	N _{разр.} (Н)	Кoeff. α (табл.5*)	Кoeff.k _w (табл.6*)	Прочность на сжатие, R _i (МПа)	Средняя прочность, (МПа)
1	2	3	4	5	7	8	9	10	11	12
1	YTONG D500	10×10×10	0,625	610÷620	20%	36690	0,95	1,1	3,94	3,8
2			0,61			36886			3,60	
3			0,625			34335			3,68	
4			0,61			37376			4,01	
5			0,625			38651			4,15	
6			0,62			34933			3,75	
7			0,61			35316			3,79	
8			0,615			34041			3,65	
9			0,61			36199			3,88	
10			0,625			37083			3,98	

Таблица 2.1. (продолжение)

№ п.п.	Наименов. блока	Размеры кубов b*d*h (см)	Масса (кг)	Марка бетона (кг/м ³) по средней плотности (данные испытаний)	Средняя влажность, %	N _{разр.} (Н)	Коэфф. α (табл.5*)	Коэфф.k _w (табл.6*)	Прочность на сжатие, R _i (МПа)	Средняя прочность, (МПа)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
11	YTONG D500	10×10×10	0,62	610÷620	20%	31883	0,95	1,1	3,42	3,8
12			0,605			40123			4,30	
13			0,625			35120			3,77	
14			0,62			38553			4,13	
15			0,625			27174			2,91	
16			0,615			35316			3,79	
17			0,62			39534			4,24	

* коэффициенты приняты из таблиц ГОСТ 10180-90 «Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам».



Рис. 2.2. Общий вид образцов-кубов из раствора до и в момент их испытаний на сжатие

Таблица 2.2.

Результаты испытаний растворных кубов на сжатие

№ п.п.	Возраст, дн.	Размеры кубов $a*b*h$ (мм)	Масса (кг)	Плотность, (кг/м ³)	$N_{разр}$, (Н)	R_i , (МПа)	$R_{ср}$, (МПа)	Марка раствора
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	30	69,0*70,0*70,0	0,58	1715,5	11500	2,32	2,45	M25
2		70,0*69,0*68,0	0,579	1762,9	12200	2,54		
3		71,0*69,0*69,0	0,585	1730,6	12800	2,61		
4		69,0*71,0*69,0	0,580	1715,8	11200	2,28		
5		70,0*70,0*69,0	0,565	1671,1	12800	2,61		
6		71,0*69,0*70,0	0,585	1705,9	11600	2,36		

2.1. Экспериментальные образцы для определения прочности нормального сцепления кладки по неперевязанному шву

Для оценки прочности кладки при осевом растяжении по неперевязанному сечению (нормальное сцепление) были изготовлены образцы в виде 2-х кубов, выпиленных из ячеистобетонных блоков на заводе и скрепленных (склеенных) между собой в лаборатории ЦНИИСК им. В.А.Кучеренко с помощью специальной клеевой массы марки YTONG-эконом (образцы I-ой серии) или сухой растворной смесью марки M200 (по паспорту) (образцы II-ой серии). Клеевая масса была доставлена с завода фирмы ЗАО «Кселла-Аэроблок-Центр». Сухая растворная смесь была приобретена для проведения испытаний сотрудниками ЦНИИСК им. В.А.Кучеренко.

Геометрические размеры образцов показаны на рис. 2.3. Общий вид образцов, изготовленных для экспериментальных исследований прочности сцепления блоков из ячеистого бетона показан на фото рис.2.4.

Толщина клеевого и растворного швов в экспериментальных образцах кладки стен принималась исходя из следующего:

- для клеевого шва - $1\div 3$ мм (рекомендации завода-изготовителя);
- для растворного шва - $10\div 12$ мм (СНиП II-22-81).

При подготовке образцов к испытаниям по высоте и длине швов были сделаны пазы высотой и глубиной ≈ 15 мм для возможности заведения в них плечиков захватов.

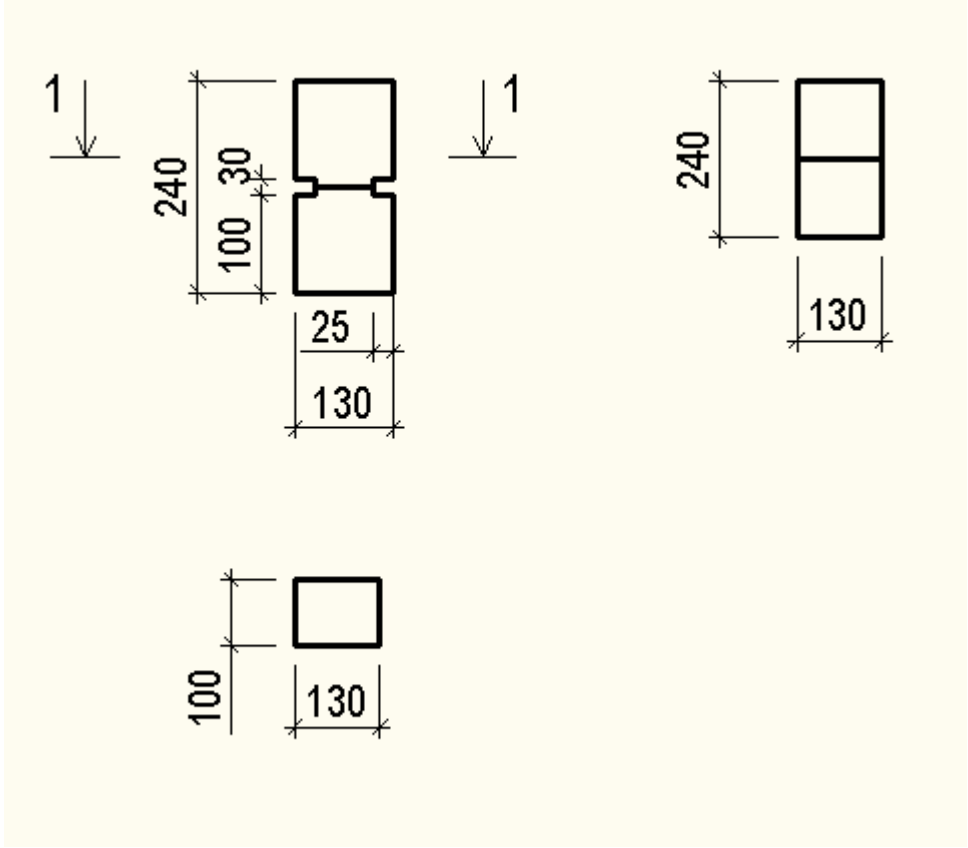


Рис. 2.3. Размеры образцов для испытаний на осевое растяжение



Рис. 2.4. Общий вид образца для испытаний на осевое растяжение

2.2. Экспериментальные образцы для определения прочности сцепления элементов кладки при сдвиге

Для оценки прочности сцепления ячеистобетонных блоков и связующего (клеевой массы или цементного раствора) были изготовлены образцы в виде двух прямоугольных параллелепипедов размером 100x100x250 (Н) мм, выполненных из ячеистобетонных блоков на заводе и склеенных между собой по длинной стороне с помощью клея марки YTONG-эконом (образцы I-ой серии) или сухой растворной смесью марки М200 (образцы II-ой серии) непосредственно в лаборатории ЦНИИСК им. В.А.Кучеренко.

Геометрические размеры образцов показаны на рис. 2.5, на фото рис. 2.6. – общий вид экспериментальных образцов.

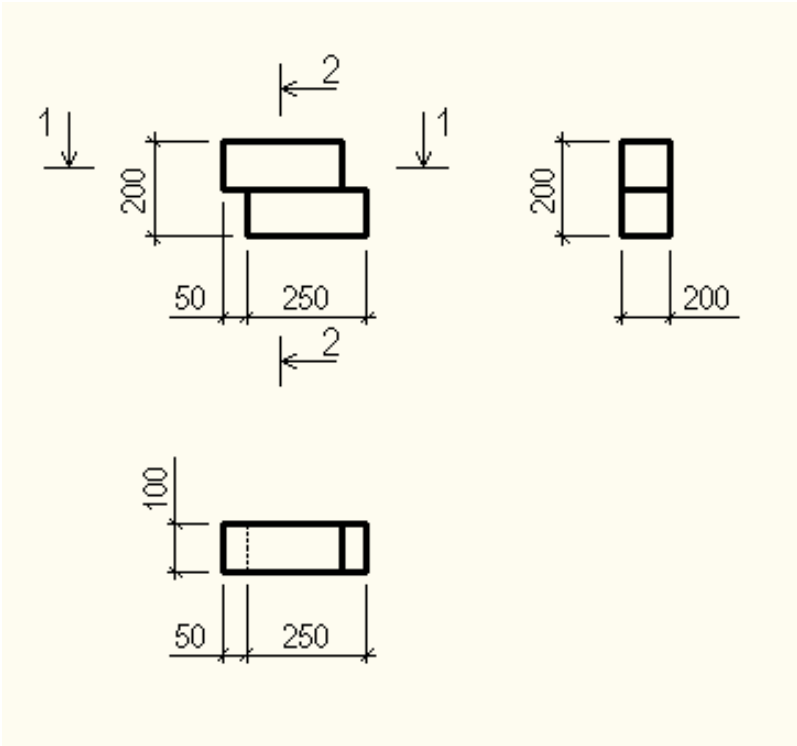


Рис. 2.5. Размеры образцов для испытаний на сдвиг



Рис. 2.6. Общий вид образцов для испытаний на сдвиг

2.3. Экспериментальные образцы фрагментов стен для испытаний на перекос

Опытные образцы представляют собой фрагменты стен размерами 1250x1250x300 (Н) мм из ячеистобетонных блоков, смонтированных на клеевом составе марки YTONG-эконом и на сухой растворной смеси проектной марки М200. Толщина клеевого шва - 1÷3 мм, для растворного шва - 10÷12мм. На рис. 2.7 показана схема опытного образца с указанием его основных геометрических параметров, а на фото рис. 2.8 показан общий вид опытных образцов.

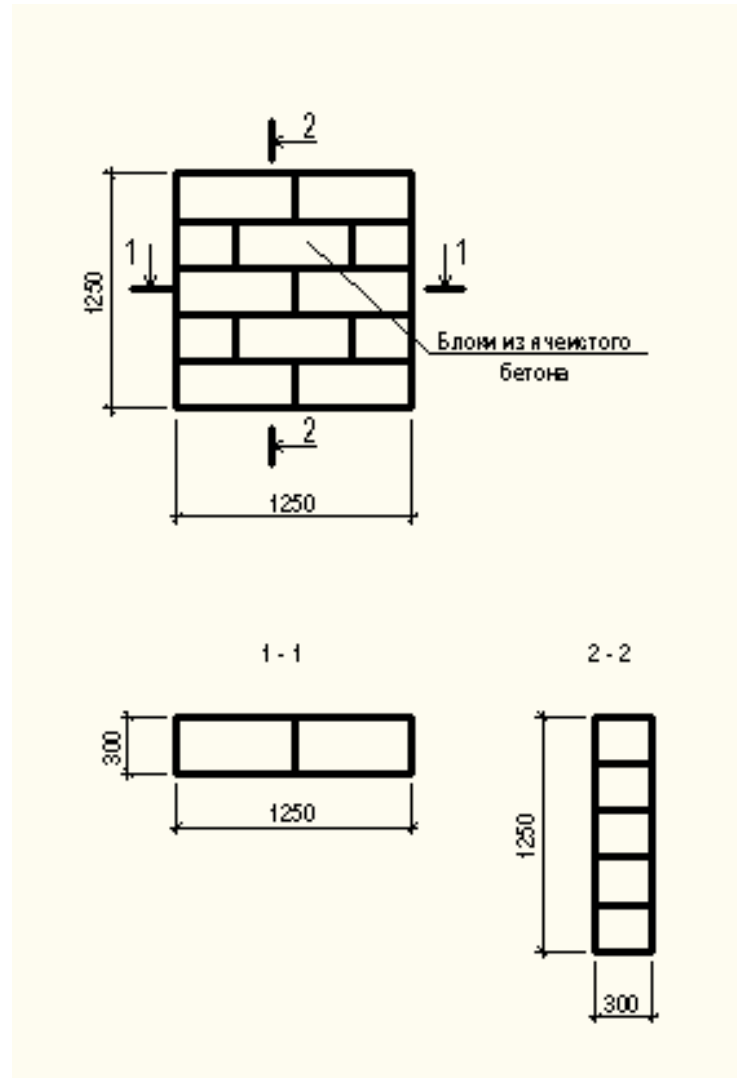


Рис. 2.7. Размеры образцов для испытаний на перекос



Рис. 2.8. Общий вид опытного образца для испытаний на перекос

2.4. Экспериментальные образцы фрагментов стен для испытаний на центральное и внецентренное сжатие

Для оценки прочности кладки стен при центральном и внецентренном сжатии были изготовлены опытные образцы размером 1250x300x1250 (Н) мм и 625x175x2000 (Н) мм. Кладка фрагментов стеновых панелей была выполнена на клеевом составе при толщине швов 1÷3 мм. На рис. 2.9 показана схема опытного образца с указанием его геометрических размеров. На фото рис. 2.10, 2.11 показан общий вид опытных образцов фрагмента стеновой панели до испытаний.

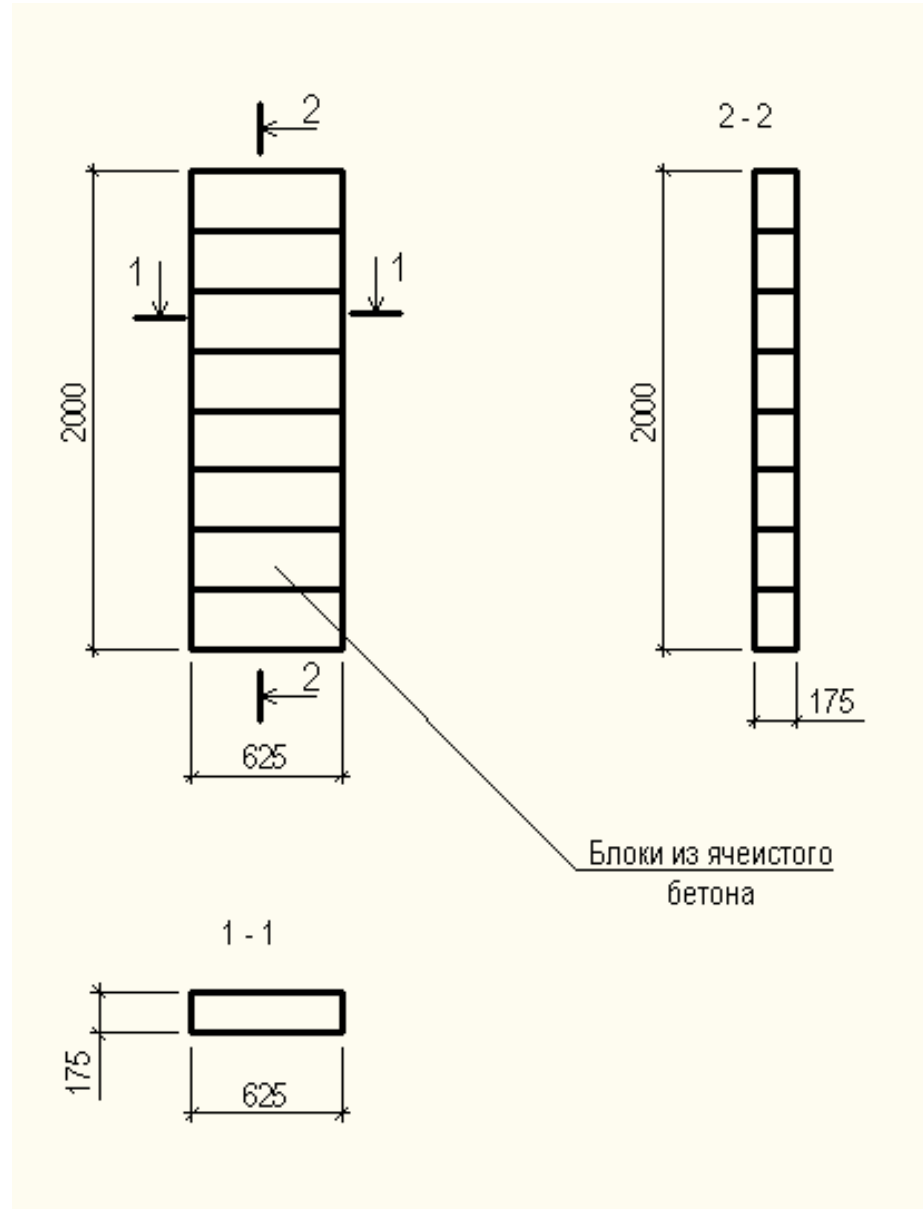


Рис. 2.9. Размеры образцов для испытаний на центральное и внецентренное сжатие



Рис. 2.10. Общий вид опытного образца для испытаний на центральное и внецентренное сжатие

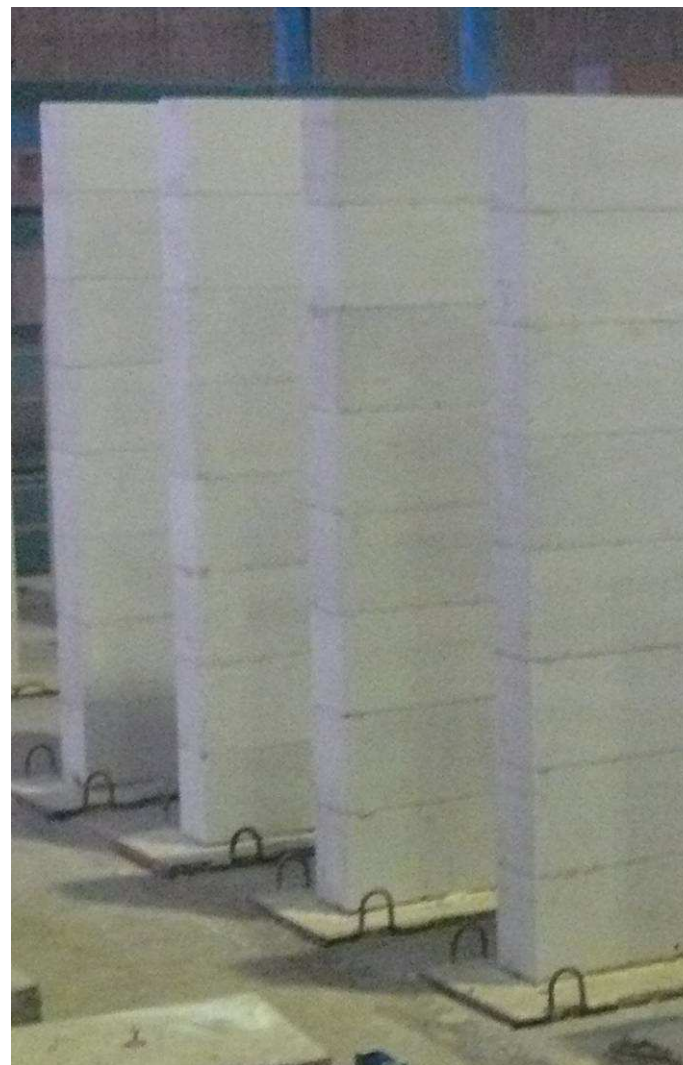


Рис. 2.11. Общий вид опытных образцов стен для испытаний на центральное и внецентренное сжатие

2.5. Экспериментальные образцы балок (перемычек) из ячеистобетонных блоков

Опытные образцы представляют собой балки размером 1250x313x313(Н) мм, выполненных из ячеистобетонных блоков, соединенных между собой клеевым составом. Толщина швов 1÷3 мм. На рис. 2.12 показана схема опытного образца с указанием его геометрических размеров. Общий вид образца показан на рис. 2.13.

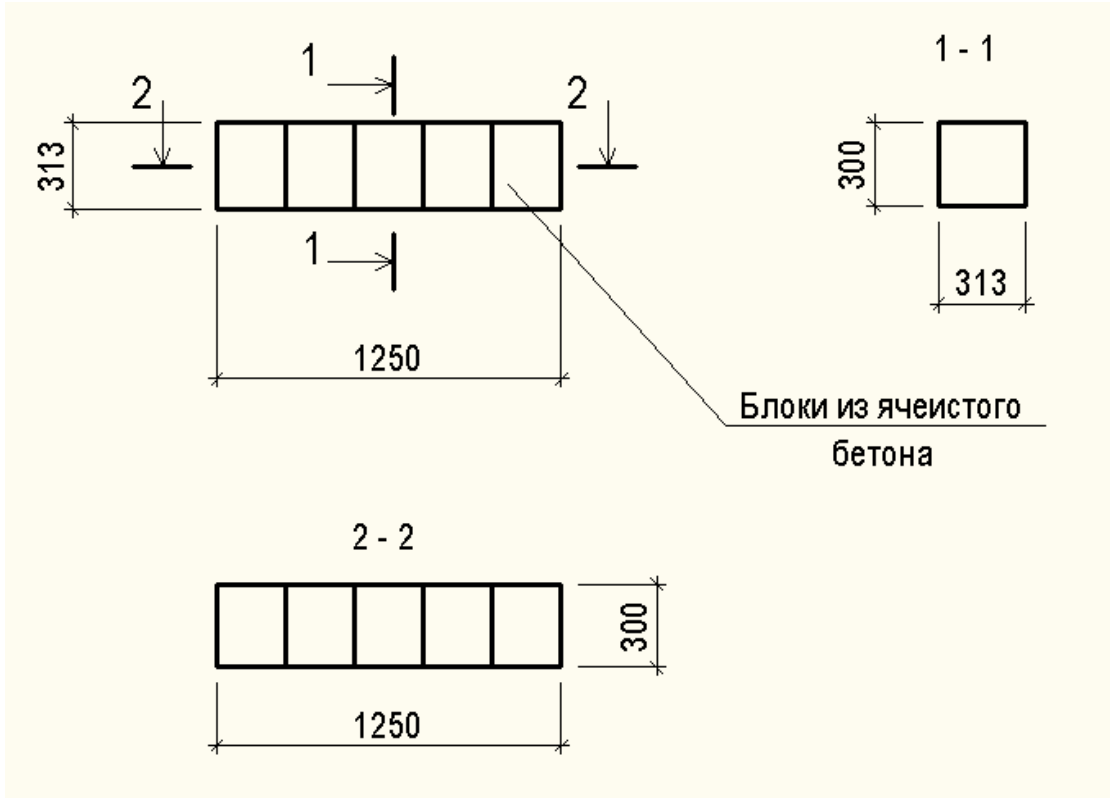


Рис. 2.12. Размеры образцов для испытаний на изгиб



Рис. 2.13. Общий вид опытных образцов для испытаний на изгиб

3. Результаты экспериментальных исследований прочности и деформативности кладки стен (простенков) из ячеистобетонных блоков при различных видах силовых воздействий.

3.1. Испытания опытных образцов на осевое растяжение (нормальное сцепление)

Испытания образцов кубов, склеенных между собой с помощью цементного раствора и клеевой массы (рис.2.4) проводились по методике ГОСТ 10180-90 [1] и ГОСТ 24991-81 [3]. Согласно указанному ГОСТ 10180-90 выбор схемы захватного устройства определяется конструкцией образца. Испытания проводились с использованием разрывной машины (ГОСТ 7855-77 [4]) с захватным устройством, показанным на рис.3.1, 3.2. В таблице 3.1 приведены результаты испытаний образцов из ячеистого бетона на осевое растяжение.

Анализ результатов испытаний на осевое растяжение кладки из ячеистобетонных блоков, изготовленных по технологии YTONG ЗАО «Кселла-Аэроблок-Центр» позволяет отметить следующее:

1. Величина нормального сцепления при осевом растяжении кладки по неперевязанному шву при использовании для кладки клеевого состава «YTONG-эконом», разработанного специалистами фирмы ЗАО «Кселла-Аэроблок-Центр» составляет 0,2 (2,0) МПа (кгс/см^2), что в 2,85 раза больше, чем в случае использования для кладки цементного раствора марки М25.

Указанный параметр прочности особенно важен при расчете стен из ячеистобетонных блоков при действии нагрузок, вызывающих изгиб стен из плоскости (действие ветровых и сейсмических нагрузок).

2. Согласно табл.10 СНиП II-22-81 величина нормального сцепления для кладки стен из сплошных камней на растворе марки М25 равно 0,5 кгс/см^2 . Временное сопротивление растяжению при $k=2,25$ равно $R_t=2,25 \times 0,5=1,12 \text{ кгс/см}^2$.

Т.е прочность нормального сцепления кладки из ячеистобетонных блоков на клее фирмы ЗАО «Кселла-Аэроблок-Центр» почти в два раза выше, чем в случае использования для кладки цементного раствора марки М25.

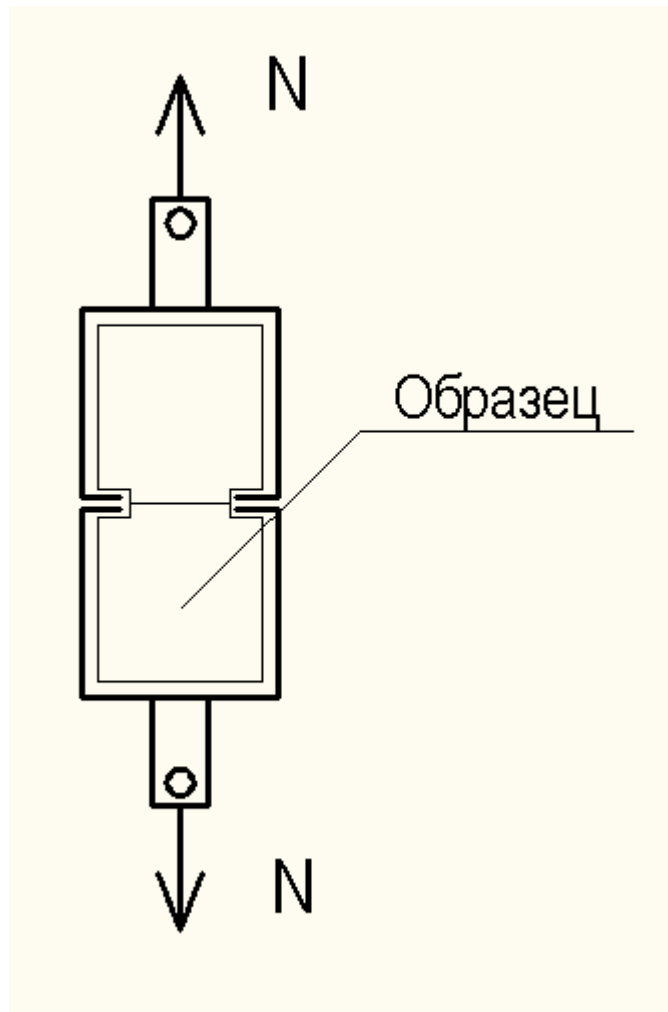


Рис. 3.1. Схема испытания опытных образцов на осевое растяжение (нормальное сцепление)



Рис. 3.2. Общий вид установки для испытаний на осевое растяжение

Табл. 3.1.

Результаты испытаний опытных образцов на осевое
растяжение (нормальное сцепление)

№ п.п.	Тип раствора в шве	Марка образца	Возраст образца, дн.	Размеры шва b*d, (см)	N _{разр} , (Н)	R _{сц} , (МПа)	R _{сц.ср} , (МПа)	Относительная прочность, %
.1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	цементный раствор М25	Р-СЦ	30	12,8*9,6	630	0,05	0,07	100%
2				12,9*9,8	770	0,06		
3				12,8*9,4	400	0,03		
4				11,7*9,5	1560	0,14		
5				12,7*9,5	820	0,07		
1	клеевой состав	К-СЦ	17	12,9*9,6	2890	0,23	0,20	285%
2				13,0*9,4	1500	0,12		
3				13,1*9,6	3220	0,26		
4				13,1*9,1	3200	0,27		
5				13,0*8,9	1580	0,14		

3.2. Испытания опытных образцов кладки на действие сдвигающих усилий (касательное сцепление)

Для оценки прочности сцепления ячеистобетонных блоков при действии на кладку сдвигающих усилий были проведены испытания двух серий образцов, состоящих из двух призм, соединенных между собой с помощью цементного раствора (серия Р-СД) и клеевой массы (серия К-СД). Общий вид опытных образцов показан на рис. 2.5, 2.6. На рис. 3.3 показана схема испытаний опытных образцов на сдвиг (рис. 3.3а) и общий вид образцов в прессе до начала испытаний (рис. 3.3б).

В таблице 3.2 приведены результаты испытаний образцов из ячеистого бетона на действие сдвигающего усилия (касательное сцепление).

Анализ результатов испытаний кладки из ячеистобетонных блоков, изготовленных по технологии YTONG ЗАО «Кселла-Аэроблок-Центр» позволяет отметить следующее:

1. Величина касательного сцепления при сдвиге слоев кладки по неперевязанному шву при использовании в качестве связующего клеевого состава «YTONG-эконом» равна 1,07 МПа, что в 4,13 раза выше, чем в случае использования для кладки стен цементного раствора марки М25.

2. От величины касательного сцепления в стенах из ячеистобетонных блоков зависит прочность стен при действии сдвигающих усилий в плоскости стены.

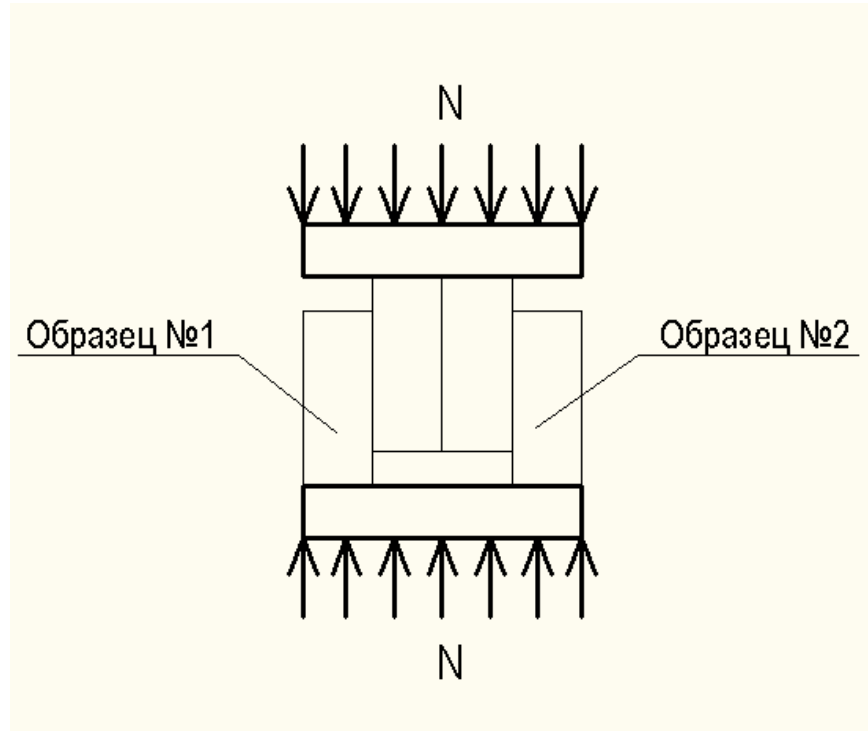


Рис. 3.3а. Схема нагружения образца для определения нормального сцепления камня с раствором - сдвиг



Рис. 3.3б. Общий вид образцов в прессе

Табл. 3.2.

Результаты испытаний опытных образцов на сдвиг
(касательное сцепление)

№ п.п.	Тип раствора в шве	Марка образца	Возраст образца, дн.	Размеры шва b*d, (см)	N _{разр} , (Н)	R _{сц} , (МПа)	R _{сц.ср} , (МПа)	Относительная прочность, %
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	цементный раствор М25	Р-СД	31	10,1*19,8	4000	0,20	0,26	100%
2				9,9*20,0	4500	0,23		
3				10,1*20,1	5300	0,26		
4				10,1*19,9	7400	0,37		
1	клеевой состав	К-СД	31	10,1*19,8	20000	1,0	1,07	413%
2				10,2*20,4	26600	1,28		
3				9,9*19,8	18600	0,95		
4				9,8*20,3	21300	1,07		

3.3. Испытания опытных образцов фрагментов стен на перекося

Для испытаний фрагментов стен на перекося были изготовлены опытные образцы размером 1250x1250x300мм (рис.2.7). Испытания проводились по схеме, показанной на рис. 3.4. Общий вид образцов в прессе до испытаний показан на рис. 3.5. На фото рис. 3.6 показан характер разрушения опытных образцов после испытаний.

В таблице 3.3 приведены результаты испытаний фрагментов стен из ячеистобетонных блоков на перекося (на действие сдвигающего усилия).

Анализ результатов испытаний кладки из ячеистобетонных блоков, изготовленных по технологии YTONG фирмой ЗАО «Кселла-Аэроблок-Центр», позволяет отметить следующее.

1. При кладке стен из ячеистобетонных блоков на цементном растворе разрушение образцов, как видно из рис. 3.6б происходит по шву. При испытании кладки на клеевом составе из-за высокого сцепления блоков между собой разрушение образцов происходит по телу камня (см. фото на рис. 3.6а).

2. Как видно из табл. 3.3 прочность кладки при действии сдвигающих усилий (перекося) в случае использования клеевого состава примерно в 2 раза выше, чем в случае применения для кладки цементных растворов.

3. Эффективность применения клеевого состава марки «YTONG-эконом» для кладки стен из ячеистобетонных блоков подтверждается на основе сравнения принятого в СНиП II-22-81 значения $R_{срез}$ по перевязанному сечению для кладки из сплошных камней на цементных растворах:

$$R_{срез}^{СНиП} = 2,25 * 0,16 = 0,36 \text{ МПа} \ll R_{срез}^{YTONG} = 0,67 \text{ МПа}$$

4. Высокие показатели прочности кладки при перекосе из ячеистобетонных блоков изготовленных по технологии YTONG фирмой ЗАО «Кселла-Аэроблок-Центр» позволяют рекомендовать их для применения в качестве наружных и внутренних несущих и самонесущих стен, возводимых как в обычных, так и в сейсмических районах РФ с балльностью 7 баллов – в качестве несущих стен, в районах с сейсмичностью 9 баллов – в качестве стенового материала заполнения железобетонного каркаса, с соблюдением необходимых конструктивных мероприятий обеспечивающих устойчивость и прочность кладки.

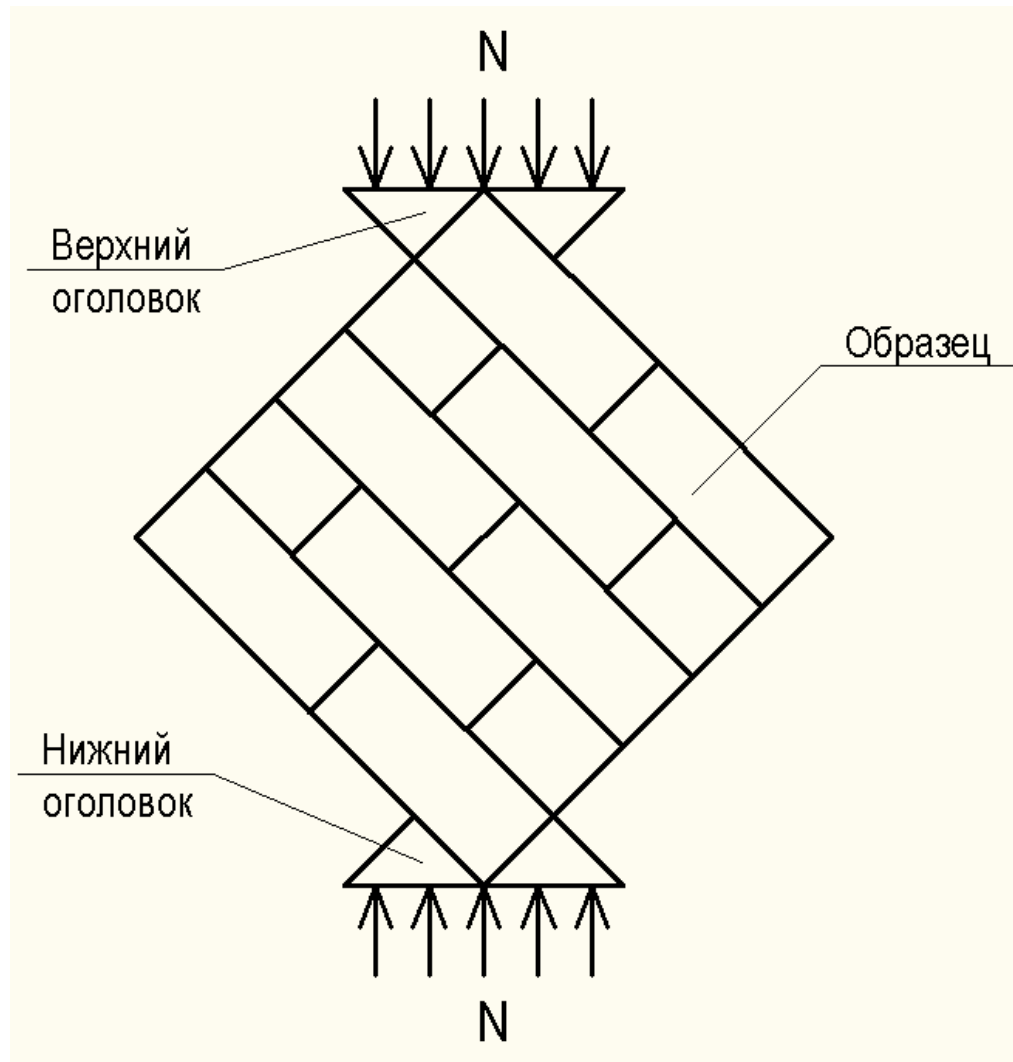


Рис. 3.4. Схема испытания опытных образцов на перекос



Рис. 3.5. Общий вид образца в прессе до испытаний на перекос



Рис. 3.6а. Характер разрушения образцов, смонтированных на клеевом составе, после испытаний на перекос



Рис. 3.66. Характер разрушения образцов, смонтированных на цементном растворе, после испытаний на перекос

Табл. 3.3.

Результаты испытаний опытных образцов на перекоп

№ п.п.	Тип раствора в шве	Марка образца	Размеры образца b*d*h, (мм)	N _{разр.} (Н)	R _{срез,*} (МПа)	R _{срез.ср.} (МПа)	Относительная прочность, %
1	2	3	4	5	6	7	8
1	цементный раствор М25	Р-П	1250*1250*300	98200	0,37	0,35	100%
2				85700	0,33		
3				91600	0,35		
1	клеевой состав	К-П	1250*1250*300	161000	0,61	0,67	191%
2				182500	0,70		
3				180200	0,69		

* - величина предела прочности кладки при срезе по неперевязанному сечению (столбец 6) R_{срез} определялась по формуле:

$$R_{срез} = \frac{N_{разр.}}{1.4 \times a \times d}$$

где R_{срез} - предел прочности кладки при срезе по перевязанному шву, Па;

N_{разр.} - расчетная величина горизонтальной силы, Н;

a - половина длины образца, м;

d - толщина образца, м

3.4. Испытания опытных образцов фрагментов стен (простенков) на центральное и внецентренное сжатие

Для оценки прочности кладки фрагментов стен на действие центральной и внецентренной нагрузки были проведены испытания 2-х серий образцов:

– образцы I-ой серии (см. фото на рис. 2.11) имели размеры 675x175x2000 мм. Испытания опытных образцов данной серии позволили оценить влияние гибкости столбов ($\lambda=11,4$) на их прочность и деформативность при различных эксцентриситетах приложения нагрузки;

– образцы II -ой серии (см. фото на рис. 2.10) имели размеры 1250x300x1250 мм.

Кладка стен образцов I – II-ой серий осуществлялась на клеевом составе марки «YTONG-эконом». На рис. 3.7, 3.8 показаны схемы испытаний и общий вид опытных образцов I и II-ой серий, установленных в пресс для испытаний на центральное и внецентренное сжатие. На рис. 3.9 показан характер разрушения образцов I и II-ой серий.

В таблицах 3.4, 3.5 приведены результаты испытаний фрагментов стен из ячеистобетонных блоков I-ой и II-ой серий на центральное и внецентренное сжатие.

Анализ результатов испытаний кладки из ячеистобетонных блоков, изготовленных по технологии YTONG фирмой ЗАО «Кселла-Аэроблок-Центр», позволяет отметить следующее.

1. Как видно из табл. 3.4 в столбце 10 приведены величины напряжений в кладке с учетом приведения их к центральному сжатию по формулам:

$$R = \frac{N}{m_g \times \varphi_1 \times A_c \times \omega}$$

где A_c - площадь сжатой части сечения при прямоугольной эпюре напряжений. Вычисляется по следующей формуле:

$$A_c = A \left(1 - \frac{2e_0}{h} \right)$$

$$\varphi_1 = \frac{\varphi + \varphi_c}{2}$$

где A - площадь сечения элемента;

h - высота сечения в плоскости;

e_0 - эксцентриситет расчетной силы относительно центра тяжести сечения;

φ - коэффициент продольного изгиба для всего сечения в плоскости действия изгибающего момента;

φ_1 - коэффициент продольного изгиба для сжатой части сечения в плоскости действия изгибающего момента

ω - коэффициент, определяемый по таблице 19 СНиП II-22-81 [6] равный = 1,0;

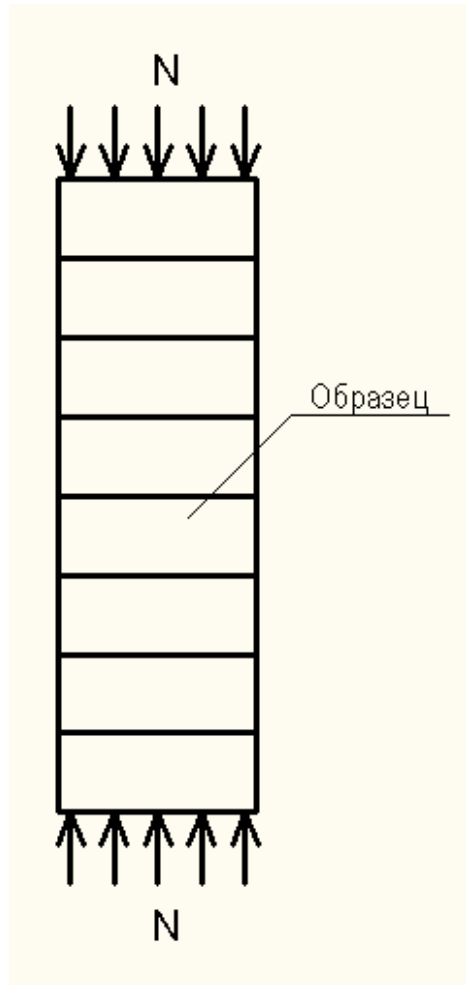
m_g - коэффициент равный = 1,0.

2. Разрушение опытных образцов кладки стен из ячеистобетонных блоков на клеевом составе происходит при напряжении в кладке 3,04 МПа.

3. В соответствии с [5] расчетное сопротивление сжатию кладки из ячеистобетонных блоков (автоклавного твердения) класса В3.5 при растворе марке М50 составляет 1,3 МПа. Временное сопротивление кладки сжатию определяемое по формуле (3) СНиП II-22-81 [6] составляет:

$$R_{сж}^{СНиП} = 2,25 * 1,3 = 2,93 \text{ МПа} < R_{сж}^{YTONG} = 3,04 \text{ МПа}$$

а)



б)

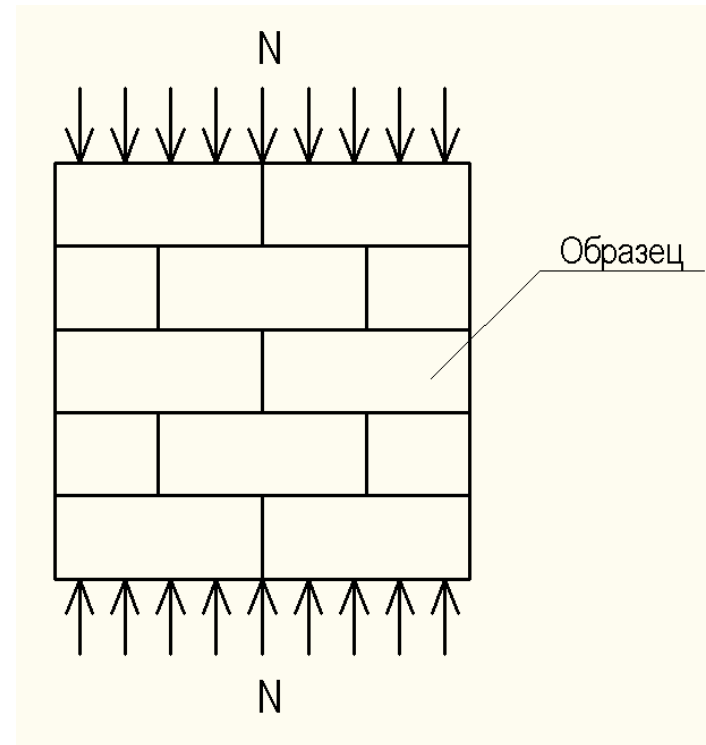


Рис. 3.7. Схема испытания опытных образцов I-ой серии (а) и II-ой серии (б) на центральное и внецентренное сжатие

а)



б)



Рис. 3.8. Общий вид до испытания опытных образцов I-ой серии (а) и II-ой серии (б) на центральное и внецентренное сжатие

a)



б)



Рис. 3.9. Характер разрушения образцов I-ой серии (а) и II-ой серии (б) на центральное и внецентренное сжатие после испытаний

Табл. 3.4.

Результаты испытаний опытных образцов I-ой серии на центральное и внецентренное сжатие

№ п.п.	Тип раствора в шве	Марка образца	Размеры образца b*d*h, (мм)	N _{разр} , (Н)	Эксцентриситете приложения нагрузки e ₀ (см)	коэфф. продольного изгиба φ	R _{сж} , (МПа)	1-2e ₀ /h	R _{сж} ^{пр} ,* (МПа)	(R _{сж} ^{пр}) _{среднее} , (МПа)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	клеевой состав	С-Эт	625*175*2000	185700*	4,0	0,9	1,69	0,54	3,12	3,04
2				228600*	2,9		2,09	0,67	3,12	
3				314300	0-1		2,87	1	2,87	

* - Величина прочности образца при сжатии приведенная к случаю центрального сжатия

Табл. 3.5.

Результаты испытаний опытных образцов II-ой серии на центральное и внецентренное сжатие

№ п.п.	Тип раствора в шве	Марка образца	Размеры образца b*d*h, (мм)	N _{разр} , (Н)	Эксцентриситете приложения нагрузки e ₀ (см)	коэфф. продольного изгиба φ	R _{сж} , (МПа)	1-2e ₀ /h	R _{сж} ^{пр} ,* (МПа)	(R _{сж} ^{пр}) _{среднее} , (МПа)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	клеевой состав	ВНС-Эт	1250*300*1250	837000	4,0	0,9	2,23	0,73	3,05	2,97
2				101200	1,0		2,69	0,93	2,89	

* - Величина прочности образца при сжатии приведенная к случаю центрального сжатия

3.5. Испытания опытных образцов балок (перемычек) на изгиб

Для испытаний балок (перемычек) на изгиб были изготовлены опытные образцы размером 1250x313x313 мм (рис.2.13). Испытания проводились по схеме, показанной на рис. 3.10. Общий вид образцов в прессе до испытаний показан на рис. 3.11. На фото рис. 3.12 показан характер разрушения опытных образцов после испытаний.

В таблице 3.6 приведены результаты испытаний балок (перемычек) из ячеистобетонных блоков на изгиб.

Анализ результатов испытаний образцов балок (перемычек) из ячеистобетонных блоков, изготовленных по технологии YTONG фирмой ЗАО «Кселла-Аэроблок-Центр», позволяет отметить следующее.

1. Разрушение изгибаемых балок из ячеистобетонных блоков, склеенных между собой клеевым составом марки «YTONG-эконом» произошло по клеевому шву при растягивающих напряжениях в шве при изгибе, составляющих 0,91 МПа.

2. Согласно СНиП II-22-81 [6] при напряженном состоянии характеризующимся растяжением при изгибе расчетное сопротивление кладки по неперевязанному сечению принимается равным 0,12 МПа (1,2 кгс/см²). Таким образом применение клеевого состава марки «YTONG-эконом» для кладки стен из блоков, изготовленных по технологии YTONG фирмой ЗАО «Кселла-Аэроблок-Центр», позволяет увеличить расчетное сопротивление кладки на растяжение при изгибе по сравнению с кладкой, смонтированной на цементных растворах более чем в 3 раза.

$$R_{bt}^{\text{экспер.}} / R_{bt}^{\text{врем.}} = 0,91 / 0,12 * 2,25 = 3,4$$

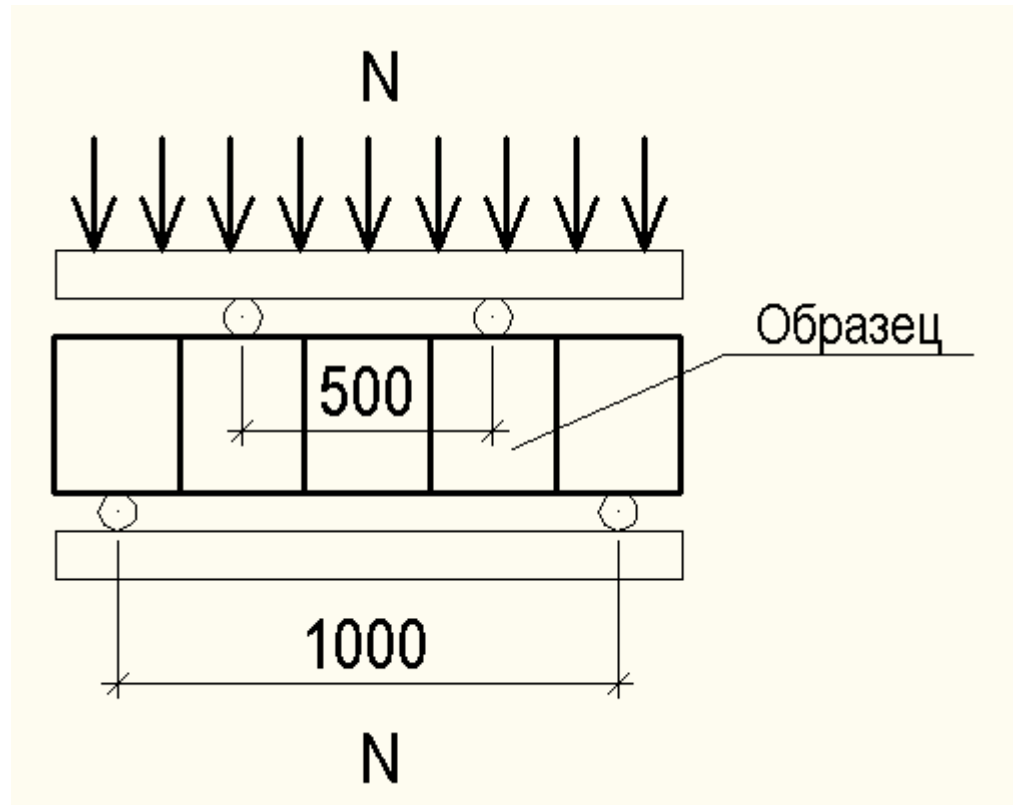


Рис. 3.10. Схема испытания опытных образцов на изгиб



Рис. 3.11. Общий вид опытных образцов до испытания на изгиб



Рис. 3.12. Характер разрушения образцов после испытаний

Табл. 3.6.

Результаты испытаний опытных образцов на изгиб

№ п.п.	Тип раствора в шве	Марка образца	Размеры образца b*d*h, (мм)	N _{разр} , (Н)	R _{bt} , (МПа)	R _{bt.ср} , (МПа)	R _{bt.норм} , (МПа)	Относительная прочность, %
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Клеевой состав	И-Эт	313*300*1250	37150	0,95	0,91	2,25*0,12=0,27	340%
2				34800	0,89			
3				34300	0,88			
4				17200*	0,44*			

* - данный результат не учитывался при определении среднего значения

4. Динамические испытания стены с проемом из ячеистобетонных блоков, изготовленных по технологии YTONG фирмой ЗАО «Кселла-Аэроблок-Центр»

В соответствии с поставленной руководством ЗАО «Кселла-Аэроблок-Центр» задачей по оценке возможности применения ячеистобетонных блоков фирмы YTONG в наружных и внутренних несущих и самонесущих стенах зданий, возводимых как в обычных, так и в сейсмических районах РФ в Центре исследований сейсмостойкости сооружений ЦНИИСК им. В.А.Кучеренко была составлена программа экспериментальных исследований, включающая в себя испытания стен с проемами в натуральную величину на действие динамической циклической нагрузки.

В рамках исследовательской деятельности ЦНИИСК им. В.А.Кучеренко предполагается проведение дополнительных испытаний усиленных конструкций с применением углеволокна или двухсторонней набетонки.

Ниже изложены результаты динамических испытаний на маятниковой виброплатформе стены из ячеистобетонных блоков, выполненных по технологии YTONG на клеевом растворе марки «YTONG-эконом».

4.1. Задачи проводимых экспериментальных исследований

В соответствии с Федеральным законом «О техническом регулировании» новая строительная продукция, разрабатываемая и передаваемая в массовое (серийное) производство подлежит обязательной оценке и подтверждению на соответствие требованиям безопасности.

Важным этапом таких исследований применительно к вопросам оценки сейсмической безопасности являются испытания, в том числе с применением динамического нагружения на специальных стендах, виброплатформах и с помощью специальных вибромашин.

Полученные в результате испытаний данные позволят определить физико-механические, эксплуатационные и другие характеристики исследуемой конструкции, включая динамические показатели испытываемой системы, ее расчетные и реальные характеристики. Полученные данные являются основанием для оценки возможности расширения области применения исследуемой системы с учетом требований безопасности, эксплуатационной надежности и долговечности зданий, возводимых в сейсмических районах.

Оценка возможности применения ячеистобетонных блоков фирмы YTONG в сейсмических районах России на строительных площадках с балльностью 7÷9 баллов включает в себя натурные испытания фрагментов стены из ячеистобетонных блоков фирмы YTONG на вибростенде.

4.2. Программа и методика испытаний фрагмента стены из ячеистобетонных блоков фирмы YTONG

Программа испытаний фрагмента стены из ячеистобетонных блоков фирмы YTONG включает в себя следующие этапы:

1. Анализ конструктивных особенностей стен из ячеистобетонных блоков фирмы YTONG.
2. Выбор и согласование с Заказчиком конструктивных параметров и самих элементов стен из ячеистобетонных блоков фирмы YTONG для назначения экспериментального натурального фрагмента.
3. Проведение численных расчетов с целью определения динамических характеристик фрагмента стены из ячеистобетонных блоков фирмы YTONG (собственных частот и т.д.) и возможных режимов нагружения опытного образца.
4. Подготовка вибростенда и измерительного оборудования для проведения динамических испытаний.
5. Назначение режимов нагружения фрагмента стены из ячеистобетонных блоков фирмы YTONG динамической нагрузкой, соответствующей силовым воздействиям на сооружения при землетрясениях различной интенсивности (от 7 до 9 баллов).
6. Обработка и анализ результатов экспериментальных исследований фрагмента стены из ячеистобетонных блоков фирмы YTONG.

Методика испытаний. Для возбуждения колебаний фрагмента стены с проемом был использован испытательный стенд, возбуждение колебаний которого осуществляется в помощь вибромашины ВИД-12, закрепленной на маятниковой платформе (рис. 4.1) За счет инерционной силы, развиваемой ВИД-12, обеспечивается тот или иной частотный спектр 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.



Рис. 4.1. Испытательный стенд, разработанный в ЦНИИСК им. В.А.Кучеренко



Рис. 4.2. Общий вид виброплатформы с установленным на ней образцом

4.2. Оборудование для испытаний фрагмента стены из ячеистобетонных блоков фирмы YTONG на сейсмические нагрузки. Измерения и регистрации динамических характеристик фрагмента стены

Как уже отмечалось, для создания динамических воздействий на испытываемые образцы использовался специальный стенд.

Стенд состоит из маятниковой платформы, подвешенной на гибких (из полосовой стали) силовых связях к опорной силовой раме. Рама жестко заземлена в силовой пол лабораторного корпуса. Активация платформы осуществляется вибромашиной ВИД-12М, установленной на консоли маятниковой платформы (см. фото на рис. 4.1).

Вибромашина ВИД-12М позволяет обеспечить необходимые параметры динамических воздействий на исследуемые образцы в широком диапазоне частот и инерционных нагрузок путем возбуждения механических колебаний платформы в горизонтальной плоскости. На фото рис. 4.2 показан общий вид виброплатформы с установленным на ней образцом.

Управление ВИД-12М осуществляется с пульта управления, расположенного в электрошкафу. Основные технические характеристики маятниковой виброплатформы приведены в табл. 4.1.

Основные технические данные машины ВИД-12

Таблица 4.1.

№№	Наименование параметра	Значение
1	Инерционная сила, развиваемая машиной при наибольшем радиусе дебалансов: - при 60 об/мин (1 Гц) - при 180 об/мин (3 Гц) - при 240 об/мин (4 Гц) - при 300 об/мин (5 Гц)	0,8 т 7,0 т 12,5 т 20,0 т
2	Частотная характеристика - нижняя частота, Гц - верхняя частота, Гц	0,4 25
3	Характер изменения частот при установленном дебалансе	бесступенчатый

Средства измерения и регистрации динамических характеристик конструкций и воздействий на них.

Регистрация и измерение сигналов проводились при помощи специализированного измерительно-вычислительного комплекса МИС - 036, предназначенного для сбора, преобразования, регистрации, обработки, передачи и представления информации поступающей с датчиков.

Комплекс выполняет следующие функции:

- измерение, регистрацию и первичную обработку сигналов (частотных, дискретных и пр.), полученных в результате испытаний;
- отображение значений измеряемых величин или преобразованных параметров на мониторе;
- контроль значений измеряемых величин или преобразованных параметров; оценка результатов их измерения и преобразования;
- самодиагностику проводимых измерений (анализ работоспособности с возможностью вызова диагностических программ);
- архивацию результатов измерения и преобразования (хранение данных с возможностью просмотра и анализа);
- вывод текущих значений измеряемых параметров, кодов аварий и технологических сообщений на ЭВМ верхнего уровня;
- возможность подключения печатающих устройств, в том числе для оформления протоколов результатов измерений;
- возможность связи с другими системами (подключение в существующую локальную вычислительную сеть);
- возможность выдачи сигнала типа «сухой контакт» для включения сигнализации и использования в системах защиты;
- возможность выдачи тестовых аналоговых сигналов.

Измерительно-вычислительный комплекс МИС – 036 дополнительно укомплектован ноутбуком со специализированным пакетом прикладных программ и периферийных устройств, необходимых для

автоматизированного процесса обработки сигналов, а также для документирования результатов обработки (рис. 4.3а).

Для измерения ускорений, частот колебаний, а также динамических перемещений применяются однокомпонентные датчики – акселерометры АТ 1105 – 10м (рис..4.3б).

Характеристики датчиков (акселерометров) представлены в таблице 4.2.

Основные технические данные акселерометра АТ 1105 – 10м

Таблица 4.2.

№№	Наименование параметра	Значение
1	Электропитание от источника постоянного тока относительно средней точки, В	$\pm 12 \pm 12$
2	Диапазон измерения, m/c^2 (g)	98,1 (10,0)
3	Частотная характеристика - нижняя частота, Гц - верхняя частота, Гц	0 700
4	Диапазон рабочих температур, $^{\circ}C$	от +15 до +35

Точки расположения акселерометров выбирались из следующих условий:

- места, где по результатам расчетов ожидается развитие максимальных ускорений и перемещений;
- возможность одновременного определения относительных деформаций в разных координатных плоскостях;

Для контроля задаваемых нагрузок три датчика были установлены на платформе, вблизи источника загрузки.

Схема установки датчиков показана на рис. 4.4

Общее количество контролируемых точек (количество акселерометров)

- 16. Датчики, установленные на фрагмент стены, показаны на фото рис. 4.5,
рис. 4.6.

а)



б)



**Рис. 4.3. Измерительно-вычислительный комплекс МІС-036:
а) ноутбук с пакетом прикладных программ;
б) акселерометр АТ 1105-10м.**

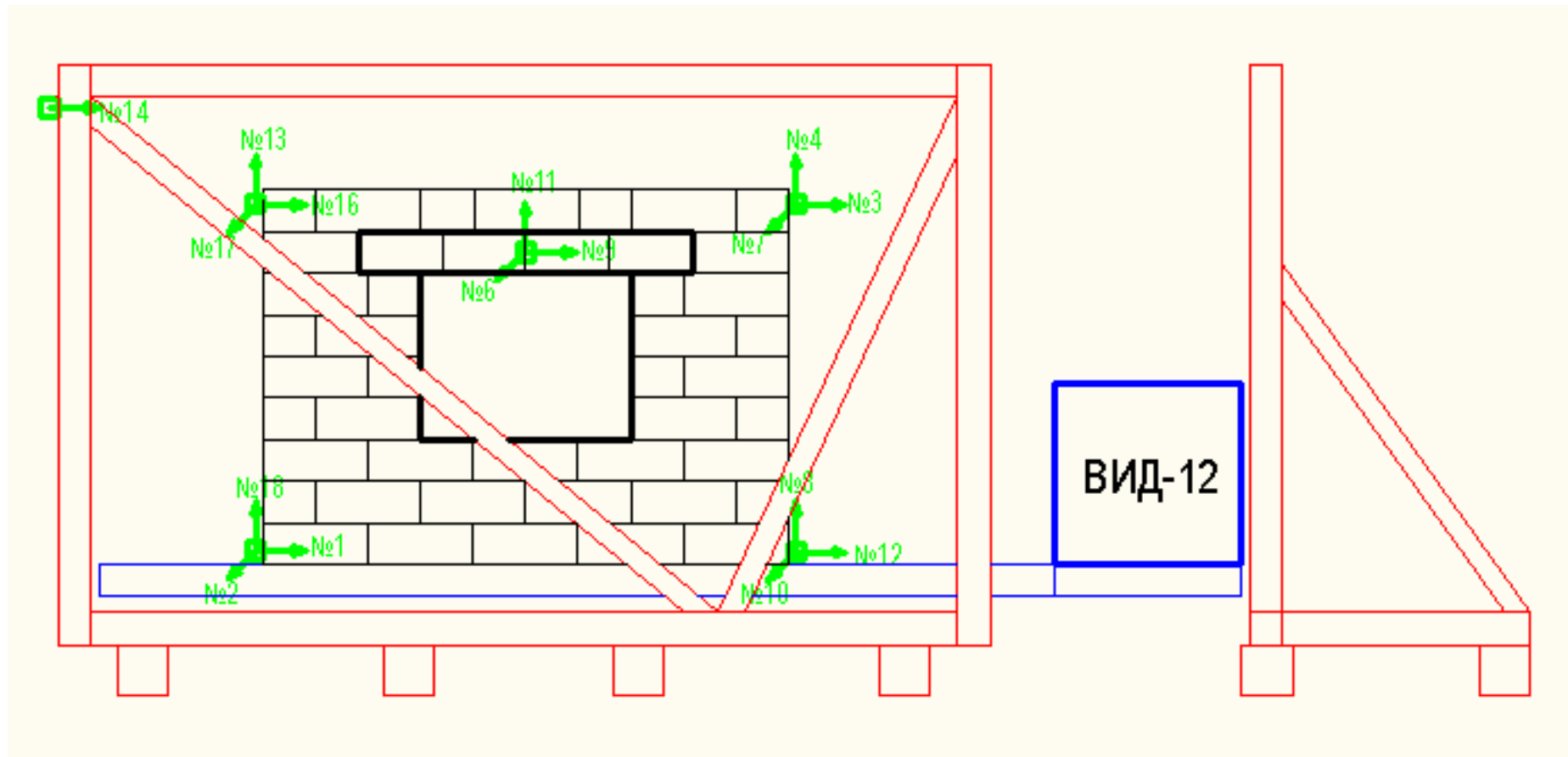


Рис. 4.4. Схема расположения датчиков (акселерометров)

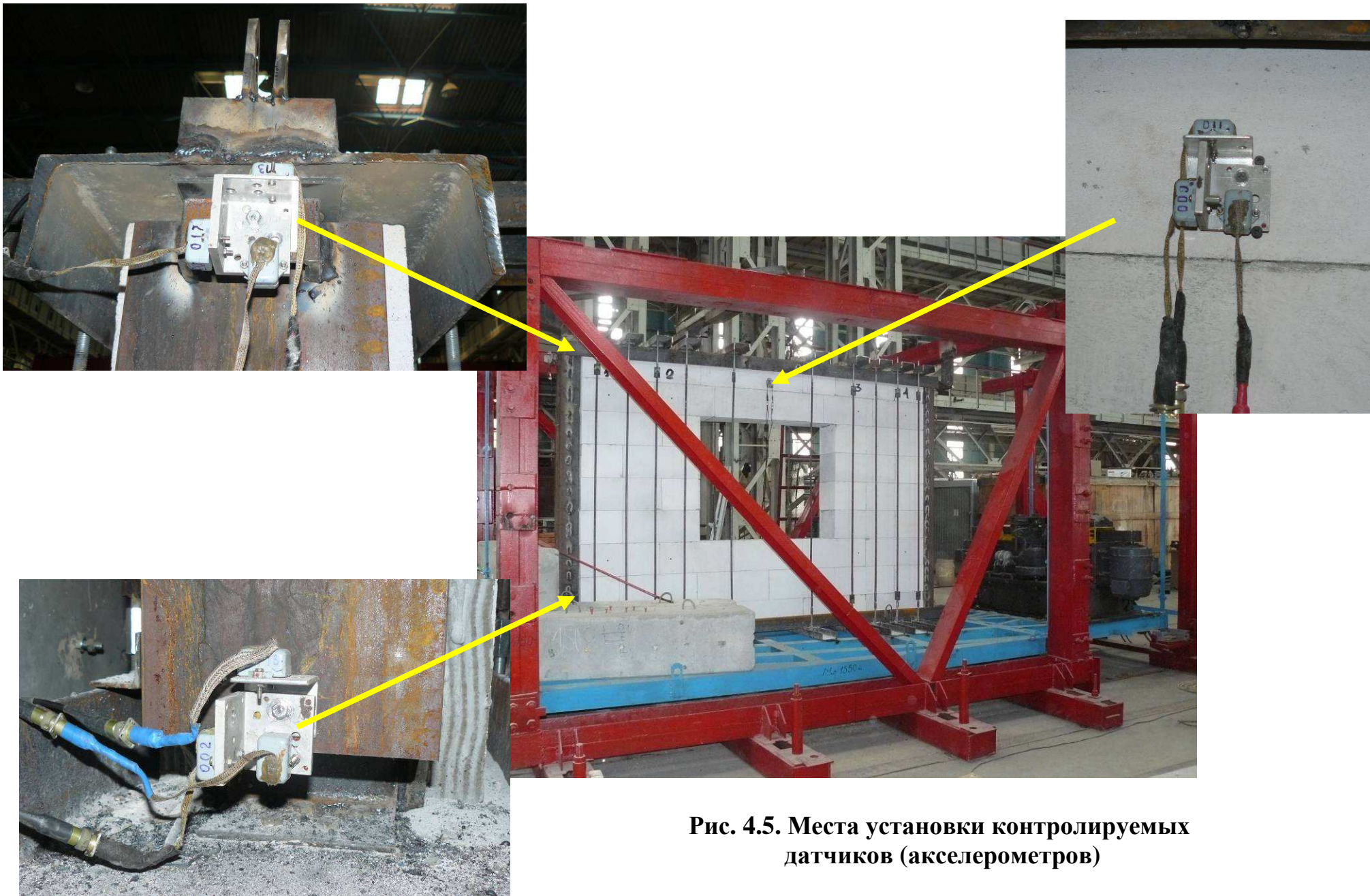


Рис. 4.5. Места установки контролируемых датчиков (акселерометров)

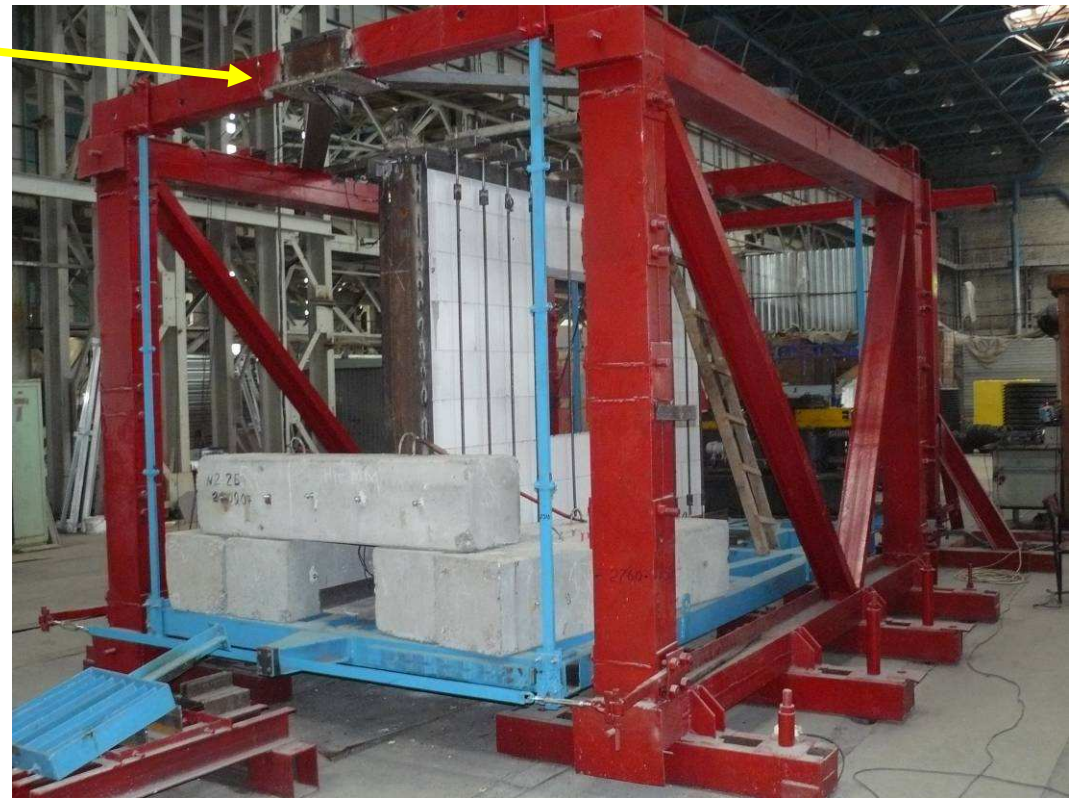
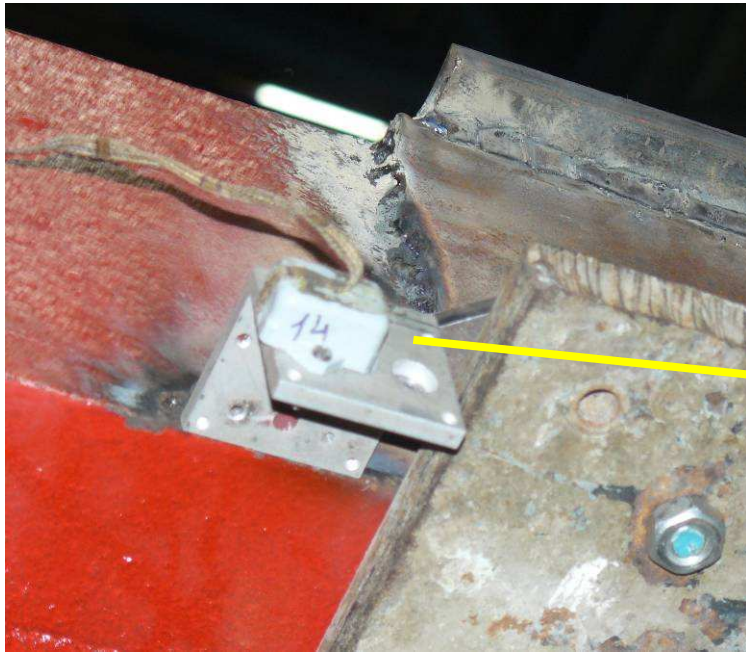


Рис.4.6. Места установки контролируемых датчиков (акселерометров)

4.3. Результаты испытаний и их анализ

До начала проведения испытаний был выполнен расчетный анализ фрагмента стены с использованием программного комплекса «*STARK_ES*». Целью расчета является определение расчетных характеристик конструкций (собственных частот, периодов колебаний).

Характеристики материалов и конструкции стены приняты в соответствии с результатами испытаний.

Результаты расчетов показаны на рис.4.7 - 4.12.

Динамические характеристики приведены в таблице 4.3.

Табл. 4.3

№ формы	Частоты колебаний, Гц	Периоды колебаний, сек.
1	10,98	0,09104
2	25,08	0,03987
3	52,53	0,01904
4	81,3	0,0123
5	108,9	0,00919

Полученные в результате проведенных расчетов динамические характеристики стены с проемом были использованы для назначения режимов нагружения.

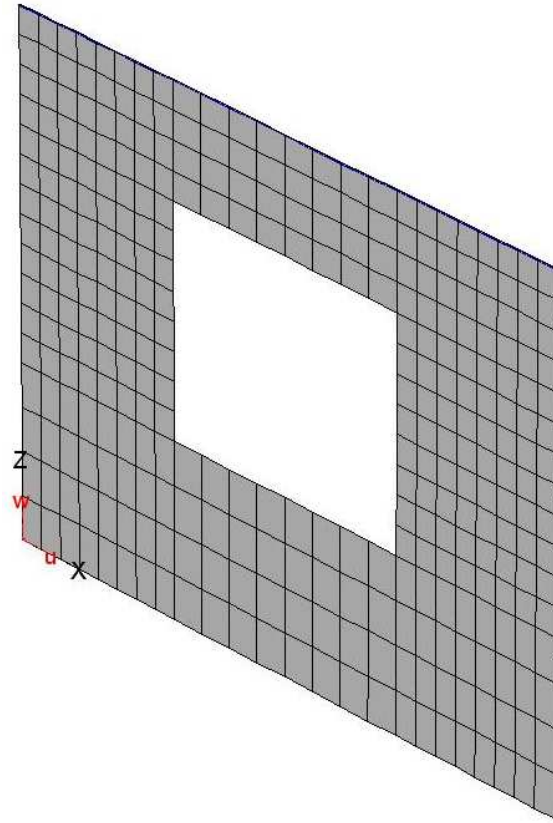


Рис. 4.7. Расчетная схема

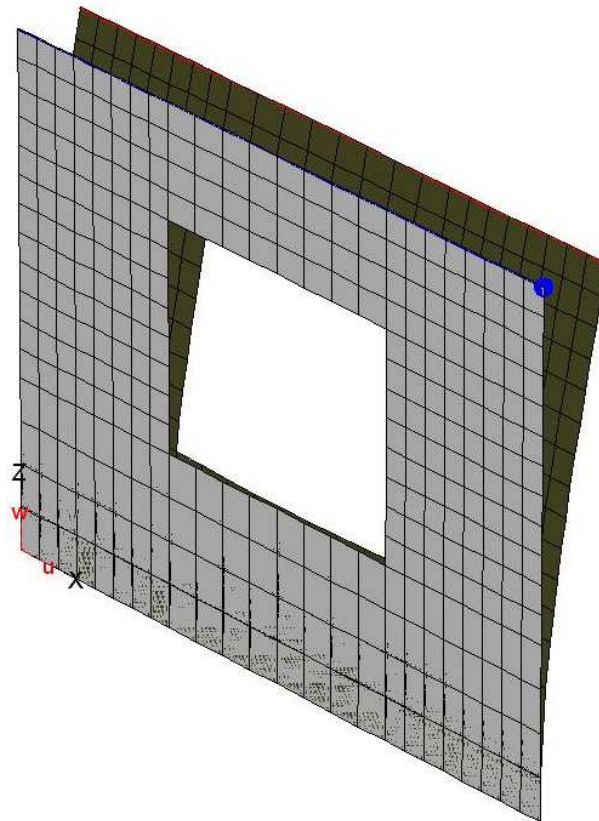


Рис. 4.8. - 1-я форма колебаний, $f=10,98$ Гц, $T=0,09104$ с.

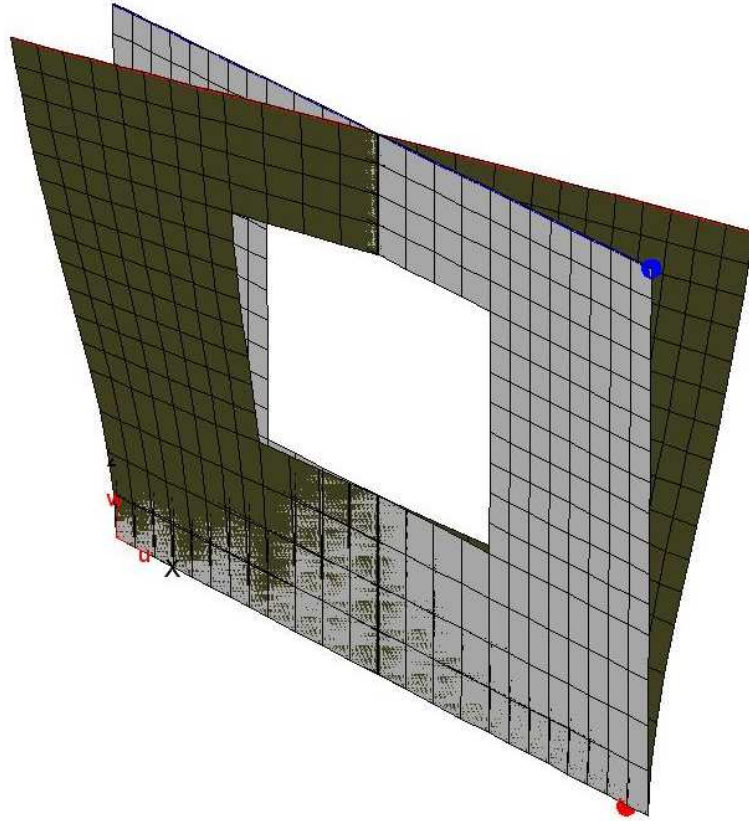


Рис. 4.9. - 2-я форма колебаний, $f=25,08$ Гц, $T=0,03987$ с.

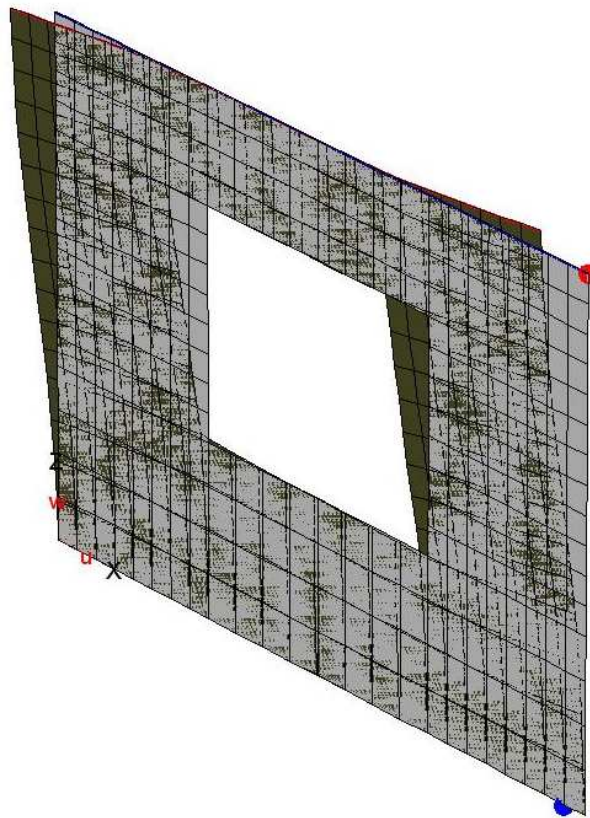


Рис. 4.10. - 3-я форма колебаний, $f=52,53$ Гц, $T=0,01904$ с.

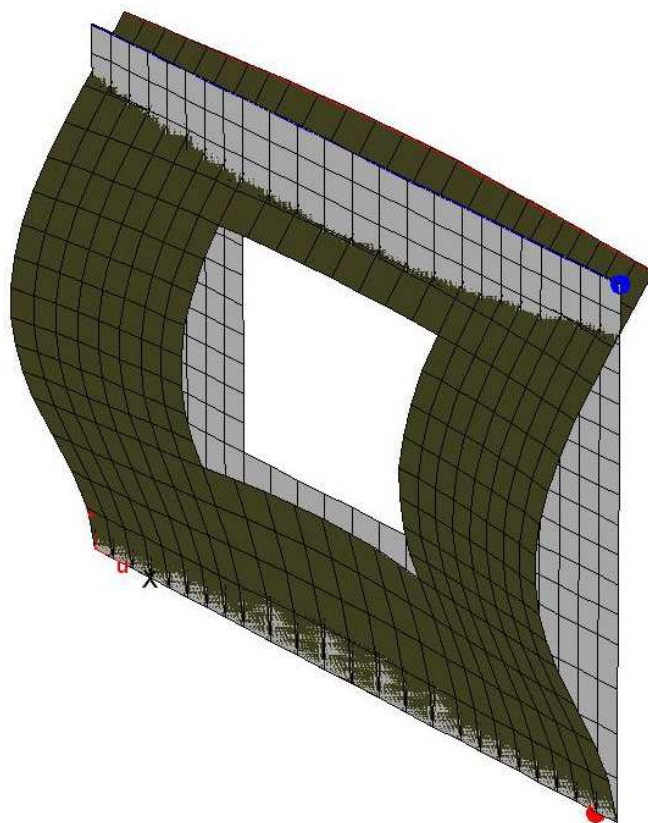


Рис. 4.11. - 4-я форма колебаний, $f=81,3$ Гц, $T=0,0123$ с.

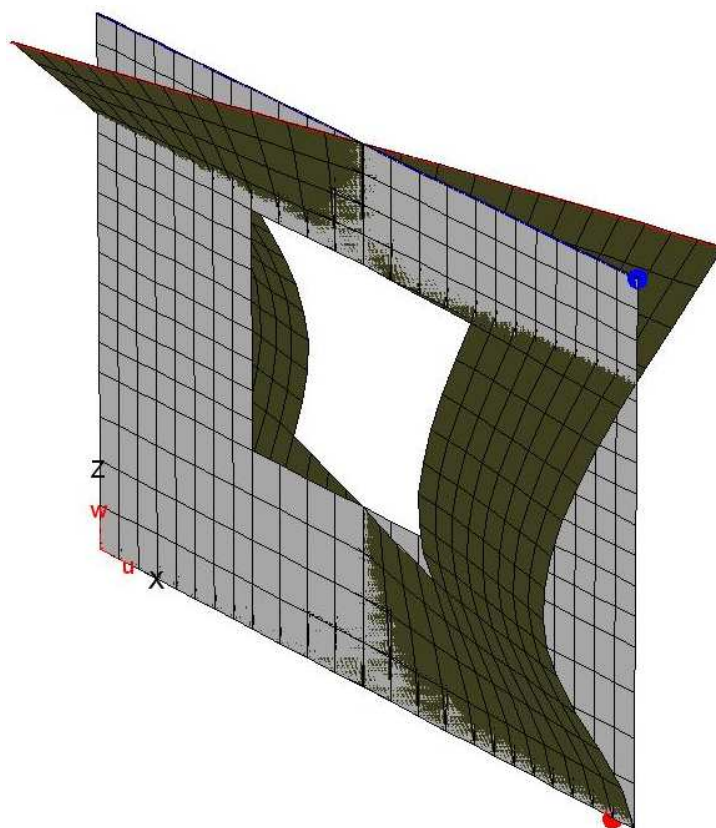


Рис. 4.12. - 5-я форма колебаний, $f=108,9$ Гц, $T=0,00919$ с.

В процессе проведения испытаний, изменяя частоту воздействия и амплитуды колебаний платформы, оценивались динамические характеристики (частоты основного тона колебаний, диссипативные свойства и пр.), а также принципиальный характер работы экспериментальной модели.

Приведенные в таблице 4.4 значения по цветовой гамме соответствует зонам сейсмичности, указанным на карте сейсмического районирования территории РФ (рис. 4.13)

Параметры динамического нагружения платформы

Табл. 4.4

№ режима	Частота, f (Гц)	Амплитуда, A (мм)	Ускорение, a (м/с ²)	Балльность
1	1,4	1	0,08	3,4
2	1,7	1,8	0,21	4,7
3	1,9	2,3	0,32	5,4
4	2,2	3,7	0,70	6,5
5	2,9	9,2	3,05	8,6
6	1,9	1,6	0,23	4,9
7	2,8	5,3	1,63	7,7
8	3,2	11,4	4,62	9,2
9	1,9	1,1	0,16	4,4
10	2,9	4,4	1,45	7,5
11	3,3	11,2	4,83	9,3
12	1,8	0,5	0,06	2,9
13	2,9	2,1	0,70	6,5
14	3,5	10,3	4,99	9,3
15	1,3	1,5	0,10	3,7
16	1,6	2,8	0,28	5,2
17	1,3	2,4	0,16	4,4
18	1,6	4,1	0,41	5,7
19	2,0	6,5	1,02	7,0
20	2,3	9,6	2,00	8,0
21	2,4	11,6	2,64	8,4
22	2,5	13,8	3,40	8,8
23	2,4	16,7	3,80	8,9

В Приложении 1 к настоящему отчету приведены данные замеров ускорений по датчикам, схема расстановки которых показана на рис. 4.4.



Рис. 4.13. Карта сейсмического районирования территории Российской Федерации

На рис. 4.14 приведен характер образования трещин в процессе динамического нагружения конструкции стены. При интенсивности динамического воздействия соответствующего ускорениям $200\text{см}/\text{с}^2$ (по табл.4.4 данное ускорение соответствует 8 баллам по шкале MSK-64) в панели произошло образование и раскрытие горизонтальных (сдвиговых) трещин в швах. В дальнейшем при увеличении динамической нагрузки на стену произошло образование дополнительных вертикальных и наклонных трещин непосредственно в ячеистобетонных блоках кладки и при ускорениях соответствующих сейсмичности 9 баллов конструкция пришла в непригодное для дальнейшей эксплуатации состояние (см. фото на рис. 4.14). Дальнейшая программа испытаний предполагает испытание фасадной стены с элементами усиления путем армирования кладки специальной (базальтовой) арматурой и устройства внешнего армирования из углеволокна.



Рис.4.14. Характер образования трещин в процессе динамического нагружения

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Выводы и рекомендации

Анализ результатов экспериментальных исследований прочности и деформативности кладки стен из ячеистобетонных блоков, изготовленных по технологии YTONG фирмой ЗАО «Кселла-Аэроблок-Центр» и смонтированных на специальном клеевом составе марки «YTONG-эконом» и цементном растворе, при различных силовых воздействиях позволяет сделать следующие выводы.

1. Прочность нормального сцепления блоков, смонтированных на клеевом растворе марки «YTONG-эконом», составила 0,2 МПа (2 кгс/см²), на цементном растворе – 0,07 МПа (0,7 кгс/см²), т.е прочность сцепления на клеевом составе в 2,8 раза выше чем на цементном растворе.

Согласно пункту 3.39 СНиП II-7-81* «Строительство в сейсмических районах» для кладки I-ой категории (категория определяет степень сопротивляемости сейсмическим воздействиям) нормальное сцепление (по СНиП II-7-81* величина временного сопротивления осевому растяжению по неперевязанным швам) должно быть не менее 0,18 МПа (1,8 кгс/см²). Таким образом в случае применения ячеистых бетонов класса В3.5 (М50) блоки из указанного материала могут быть рекомендованы для применения в сейсмически опасных регионах РФ для кладки в несущих и самонесущих стен или заполнения каркаса.

2. Прочность касательного сцепления блоков, смонтированных на клеевом составе, при действии на кладку сдвигающих усилий составила 1,07 МПа (10,7 кгс/см²), в случае применения цементного раствора – 0,26 МПа (2,6 кгс/см²). Т. е. применение клеевого состава позволяет увеличить прочность касательного сцепления при сдвиге более чем в 4 раза по сравнению с кладкой на цементном растворе.

Данный параметр является весьма важным при оценке прочности кладки стен при сдвиге слоев относительно друг друга.

3. Прочность при срезе кладки стен, смонтированных на клеевом составе, при действии сдвигающих усилий (перекос) примерно в 2 раза выше, чем в случае применения цементного раствора и составляет 0,67 МПа (6,7 кгс/см²). При этом согласно п.6 табл.10 СНиП II-21-81 «Каменные и армокаменные конструкции» величина $R_{\text{срез}}$ должна составлять при марке раствора М25 – 0,16 МПа (1,6 кгс/см²), т.е. меньше чем величина $R_{\text{срез}}$, полученная из эксперимента и составляющая 0,67 МПа (6,7 кгс/см²).

Результаты испытаний фрагментов стен на перекас позволяют констатировать, что стены из ячеистобетонных блоков смонтированных на клеевом составе марки «YTONG-эконом» могут быть рекомендованы для применения в сейсмических районах.

4. Применение клеевого состава марки «YTONG-эконом» для кладки стен из ячеистобетонных блоков ведет к существенному повышению прочности кладки при центральном и внецентренном сжатии за счет существенного снижения эффекта шва и, как следствие этого, более полного использования прочности материала кладки.

Нормативные значения временного сопротивления кладки сжатию по «Рекомендации по применению стеновых мелких блоков из ячеистых бетонов» ЦНИИСК 1992г и СНиП II-21-81 при использовании ячеистобетонных блоков класса В3.5 при растворе марки М25 составляет 2,41 МПа (24,1 кгс/см²). В эксперименте указанная величина составила 3,04 МПа (30,4 кгс/см²), т.е. в 1,26 раза выше, чем нормируемые значения.

5. Прочность кладки на растяжение при изгибе по неперевязанному сечению при использовании клеевого состава марки «YTONG-эконом» для соединения ячеистобетонных блоков более чем в 7 раз выше прочности аналогичной кладки, смонтированной на цементном растворе.

б. Динамические испытания фрагмента стены с проемом, выполненной из ячеистобетонных блоков, изготовленных по технологии YTONG фирмой ЗАО «Кселла-Аэроблок-Центр» и смонтированных на специальном клеевом составе марки «YTONG-эконом», показали что в случае применения кладки стен из ячеистобетонных блоков класса не ниже В3.5 (М50) на специальном клеевом растворе могут быть рекомендованы для использования в сейсмических районах с балльностью 7 баллов – в качестве несущих стен, в районах с сейсмичностью 9 баллов – в качестве стенового материала заполнения железобетонного каркаса, с соблюдением необходимых конструктивных мероприятий обеспечивающих устойчивость и прочность кладки. Дальнейшие исследования стен из ячеистобетонных блоков будут связаны с использованием внутреннего и внешнего армирования для увеличения их несущей способности при динамических воздействиях.

Список литературы

1. ГОСТ 10180-90. «Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам».
2. ГОСТ 5802-86. «Растворы строительные. Методы испытаний».
3. ГОСТ 24992-81. «Конструкции каменные. Метод определения прочности сцепления в каменной кладке».
4. Рекомендации по применению стеновых мелких блоков из ячеистых бетонов. ЦНИИСК им. В.А.Кучеренко. Москва, 1992.
5. СНиП II-7-81* «Строительство в сейсмических районах».
6. СНиП II-22-81 «Каменные и армокаменные конструкции».
7. СНиП 2-03.01-84* «Бетонные и железобетонные конструкции».
8. Пособие по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из ячеистых бетонов (к СНиП 2-03.01-84).

РЕЗУЛЬТАТЫ ДИНАМИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ ФРАГМЕНТА
ЯЧЕИСТОБЕТОННОЙ СТЕНЫ С ПРОЕМОМ

№	f, Гц	A, мм	a, м/с ²
1	1,4	0,9	0,07
2	1,7	1,7	0,21
3	1,9	2,2	0,31
4	2,2	3,6	0,68
5	2,9	8,9	2,96
6	1,9	1,5	0,22
7	2,8	5,1	1,58
8	3,2	11,1	4,47
9	1,9	1,1	0,15
10	2,9	4,2	1,40
11	3,3	10,9	4,68
12	1,8	0,5	0,06
13	2,9	2	0,67
14	3,5	10	4,84
15	1,3	1,5	0,10
16	1,6	2,7	0,27
17	1,3	2,4	0,16
18	1,6	4	0,40
19	2	6,3	0,99
20	2,3	9,3	1,94
21	2,4	11,3	2,56
22	2,5	13,4	3,30
23	2,4	16,2	3,69

№	f, Гц	A, мм	a, м/с ²
1	1,4	0,2	0,05
2	1,7	0,6	0,07
3	1,9	1	0,14
4	2,2	0,9	0,18
5	2,9	0,4	0,13
6	1,9	0,6	0,08
7	2,8	0,4	0,11
8	3,2	0,3	0,14
9	1,9	0,4	0,06
10	2,9	0,3	0,10
11	3,3	0,3	0,13
12	1,8	0,3	0,04
13	2,9	0,3	0,09
14	3,5	0,2	0,09
15	1,3	0,3	0,02
16	1,6	0,9	0,09
17	1,3	0,3	0,02
18	1,6	1,4	0,14
19	2	1,9	0,30
20	2,3	1,1	0,24
21	2,4	0,9	0,20
22	2,5	0,8	0,20
23	2,4	0,8	0,19

Рис. П-1.1. Параметры динамического нагружения по датчикам №1,2

№	f, Гц	A, мм	a, м/с ²
1	1,4	0,3	0,03
2	1,7	0,6	0,07
3	1,9	0,7	0,10
4	2,2	1,1	0,21
5	2,9	2,6	0,85
6	1,9	0,6	0,08
7	2,8	1,6	0,49
8	3,2	3,1	1,25
9	1,9	0,4	0,06
10	2,9	1,4	0,45
11	3,3	3,1	1,32
12	1,8	0,2	0,03
13	2,9	0,7	0,24
14	3,5	2,9	1,40
15	1,3	0,4	0,03
16	1,6	0,9	0,09
17	1,3	0,7	0,05
18	1,6	1,2	0,12
19	2	1,8	0,28
20	2,3	2,5	0,53
21	2,4	3	0,68
22	2,5	3,4	0,84
23	2,4	3,9	0,88

№	f, Гц	A, мм	a, м/с ²
1	1,4	0,6	0,04
2	1,7	1	0,12
3	1,9	1,3	0,19
4	2,2	2,2	0,42
5	2,9	5,9	1,96
6	1,9	0,8	0,12
7	2,8	3,2	0,98
8	3,2	7,5	3,03
9	1,9	0,6	0,08
10	2,9	2,5	0,84
11	3,3	7,4	3,19
12	1,8	0,2	0,03
13	2,9	1,1	0,37
14	3,5	6,6	3,19
15	1,3	0,9	0,06
16	1,6	1,6	0,16
17	1,3	1,5	0,10
18	1,6	2,4	0,24
19	2	3,9	0,62
20	2,3	6,1	1,27
21	2,4	7,6	1,73
22	2,5	9,5	2,35
23	2,4	11,3	2,58

Рис. П-1.2. Параметры динамического нагружения по датчикам №3,4

№	f, Гц	A, мм	a, м/с ²
1	1,4	0,1	0,01
2	1,7	0,6	0,07
3	1,9	0,5	0,08
4	2,2	0,3	0,06
5	2,9	0,2	0,07
6	1,9	0,4	0,06
7	2,8	0,2	0,06
8	3,2	0,2	0,07
9	1,9	0,4	0,05
10	2,9	0,2	0,06
11	3,3	0,2	0,09
12	1,8	0,3	0,04
13	2,9	0,1	0,04
14	3,5	0,2	0,11
15	1,3	0,1	0,01
16	1,6	0,9	0,09
17	1,3	0,4	0,03
18	1,6	1,2	0,12
19	2	0,6	0,09
20	2,3	0,3	0,06
21	2,4	0,4	0,08
22	2,5	0,2	0,06
23	2,4	0,3	0,06

№	f, Гц	A, мм	a, м/с ²
1	1,4	0,2	0,01
2	1,7	0,8	0,10
3	1,9	0,6	0,08
4	2,2	0,5	0,10
5	2,9	0,5	0,17
6	1,9	0,5	0,07
7	2,8	0,4	0,13
8	3,2	0,4	0,16
9	1,9	0,5	0,07
10	2,9	0,4	0,12
11	3,3	0,4	0,17
12	1,8	0,5	0,06
13	2,9	0,3	0,09
14	3,5	0,4	0,17
15	1,3	0,3	0,02
16	1,6	1,2	0,12
17	1,3	1	0,07
18	1,6	1,5	0,15
19	2	0,8	0,13
20	2,3	0,8	0,16
21	2,4	0,8	0,18
22	2,5	0,7	0,17
23	2,4	0,7	0,15

Рис. П-1.3. Параметры динамического нагружения по датчикам №6,7

№	f, Гц	A, мм	a, м/с ²
1	1,4	0,5	0,04
2	1,7	1	0,11
3	1,9	1,2	0,18
4	2,2	2	0,39
5	2,9	5,6	1,86
6	1,9	0,8	0,11
7	2,8	3	0,92
8	3,2	7,1	2,87
9	1,9	0,6	0,08
10	2,9	2,4	0,79
11	3,3	7	3,03
12	1,8	0,2	0,03
13	2,9	1,1	0,35
14	3,5	6,2	3,02
15	1,3	0,7	0,05
16	1,6	1,5	0,15
17	1,3	1,3	0,09
18	1,6	2,3	0,23
19	2	3,7	0,59
20	2,3	5,7	1,20
21	2,4	7,2	1,64
22	2,5	9,1	2,24
23	2,4	10,8	2,46

№	f, Гц	A, мм	a, м/с ²
1	1,4	0,4	0,03
2	1,7	0,7	0,09
3	1,9	0,9	0,13
4	2,2	1,4	0,26
5	2,9	3,2	1,07
6	1,9	0,6	0,09
7	2,8	1,9	0,60
8	3,2	3,9	1,59
9	1,9	0,5	0,07
10	2,9	1,6	0,54
11	3,3	3,9	1,67
12	1,8	0,2	0,03
13	2,9	0,8	0,28
14	3,5	3,6	1,75
15	1,3	0,6	0,04
16	1,6	1,1	0,11
17	1,3	0,9	0,06
18	1,6	1,6	0,16
19	2	2,3	0,37
20	2,3	3,3	0,69
21	2,4	4	0,90
22	2,5	4,6	1,13
23	2,4	5,3	1,20

Рис. П-1.4. Параметры динамического нагружения по датчикам №8,9

№	f, Гц	A, мм	a, м/с ²
1	1,4	0,3	0,02
2	1,7	1,2	0,15
3	1,9	0,8	0,12
4	2,2	0,6	0,11
5	2,9	0,6	0,19
6	1,9	0,8	0,11
7	2,8	0,5	0,14
8	3,2	0,5	0,19
9	1,9	0,8	0,11
10	2,9	0,4	0,13
11	3,3	0,4	0,18
12	1,8	0,7	0,09
13	2,9	0,3	0,10
14	3,5	0,3	0,16
15	1,3	0,4	0,03
16	1,6	1,9	0,19
17	1,3	1,6	0,11
18	1,6	2,3	0,23
19	2	0,9	0,15
20	2,3	0,9	0,18
21	2,4	1	0,22
22	2,5	0,9	0,23
23	2,4	0,9	0,21

№	f, Гц	A, мм	a, м/с ²
1	1,4	0,2	0,02
2	1,7	0,4	0,04
3	1,9	0,5	0,07
4	2,2	0,8	0,15
5	2,9	2	0,68
6	1,9	0,3	0,04
7	2,8	1,1	0,34
8	3,2	2,6	1,06
9	1,9	0,2	0,03
10	2,9	0,9	0,29
11	3,3	2,7	1,14
12	1,8	0,1	0,01
13	2,9	0,4	0,13
14	3,5	2,3	1,12
15	1,3	0,3	0,02
16	1,6	0,5	0,05
17	1,3	0,4	0,03
18	1,6	0,9	0,09
19	2	1,3	0,21
20	2,3	2,1	0,43
21	2,4	2,6	0,60
22	2,5	3,4	0,85
23	2,4	4	0,92

Рис. П-1.5. Параметры динамического нагружения по датчикам №10,11

№	f, Гц	A, мм	a, м/с ²
1	1,4	1	0,08
2	1,7	1,8	0,21
3	1,9	2,3	0,32
4	2,2	3,7	0,70
5	2,9	9,2	3,05
6	1,9	1,6	0,23
7	2,8	5,3	1,63
8	3,2	11,4	4,62
9	1,9	1,1	0,16
10	2,9	4,4	1,45
11	3,3	11,2	4,83
12	1,8	0,5	0,06
13	2,9	2,1	0,70
14	3,5	10,3	4,99
15	1,3	1,5	0,10
16	1,6	2,8	0,28
17	1,3	2,4	0,16
18	1,6	4,1	0,41
19	2	6,5	1,02
20	2,3	9,6	2,00
21	2,4	11,6	2,64
22	2,5	13,8	3,40
23	2,4	16,7	3,80

№	f, Гц	A, мм	a, м/с ²
1	1,4	0,1	0,01
2	1,7	0,3	0,03
3	1,9	0,4	0,05
4	2,2	0,6	0,11
5	2,9	1,5	0,49
6	1,9	0,2	0,03
7	2,8	0,8	0,25
8	3,2	1,8	0,72
9	1,9	0,1	0,02
10	2,9	0,7	0,22
11	3,3	1,7	0,71
12	1,8	0,1	0,01
13	2,9	0,3	0,10
14	3,5	1,5	0,74
15	1,3	0,1	0,01
16	1,6	0,4	0,04
17	1,3	0,3	0,02
18	1,6	0,7	0,07
19	2	1,1	0,17
20	2,3	1,5	0,32
21	2,4	1,8	0,41
22	2,5	1,9	0,48
23	2,4	2,2	0,51

Рис. П-1.6. Параметры динамического нагружения по датчикам №12,13

№	f, Гц	A, мм	a, м/с ²
1	1,4	0,1	0,01
2	1,7	0,2	0,03
3	1,9	0,3	0,04
4	2,2	0,5	0,10
5	2,9	1,4	0,46
6	1,9	0,2	0,03
7	2,8	0,8	0,24
8	3,2	1,7	0,69
9	1,9	0,1	0,02
10	2,9	0,6	0,21
11	3,3	1,7	0,72
12	1,8	0,1	0,01
13	2,9	0,3	0,09
14	3,5	1,6	0,76
15	1,3	0,1	0,01
16	1,6	0,4	0,04
17	1,3	0,3	0,02
18	1,6	0,6	0,06
19	2	0,9	0,15
20	2,3	1,4	0,30
21	2,4	1,7	0,39
22	2,5	2	0,49
23	2,4	2,3	0,52

№	f, Гц	A, мм	a, м/с ²
1	1,4	0,4	0,03
2	1,7	0,7	0,08
3	1,9	0,8	0,12
4	2,2	1,3	0,24
5	2,9	3,1	1,02
6	1,9	0,6	0,09
7	2,8	1,8	0,57
8	3,2	3,8	1,52
9	1,9	0,4	0,06
10	2,9	1,6	0,52
11	3,3	3,7	1,60
12	1,8	0,2	0,03
13	2,9	0,8	0,27
14	3,5	3,5	1,68
15	1,3	0,6	0,04
16	1,6	1	0,10
17	1,3	0,9	0,06
18	1,6	1,4	0,14
19	2	2,2	0,34
20	2,3	3,1	0,64
21	2,4	3,7	0,84
22	2,5	4,3	1,05
23	2,4	4,9	1,12

Рис. П-1.7. Параметры динамического нагружения по датчикам №14,16

№	f, Гц	A, мм	a, м/с ²
1	1,4	0,1	0,02
2	1,7	0,4	0,04
3	1,9	0,7	0,10
4	2,2	0,6	0,12
5	2,9	0,4	0,14
6	1,9	0,4	0,06
7	2,8	0,3	0,10
8	3,2	0,5	0,21
9	1,9	0,3	0,04
10	2,9	0,3	0,10
11	3,3	0,6	0,24
12	1,8	0,2	0,02
13	2,9	0,2	0,07
14	3,5	0,1	0,03
15	1,3	0,1	0,01
16	1,6	0,6	0,06
17	1,3	0,1	0,01
18	1,6	1	0,10
19	2	1,2	0,19
20	2,3	0,6	0,13
21	2,4	0,6	0,14
22	2,5	0,6	0,14
23	2,4	0,6	0,14

№	f, Гц	A, мм	a, м/с ²
1	1,4	0,1	0,01
2	1,7	0,2	0,03
3	1,9	0,3	0,04
4	2,2	0,5	0,10
5	2,9	1,4	0,45
6	1,9	0,2	0,03
7	2,8	0,7	0,23
8	3,2	1,6	0,65
9	1,9	0,1	0,02
10	2,9	0,6	0,20
11	3,3	1,5	0,65
12	1,8	0,1	0,01
13	2,9	0,3	0,09
14	3,5	1,4	0,68
15	1,3	0,1	0,01
16	1,6	0,4	0,04
17	1,3	0,3	0,02
18	1,6	0,6	0,06
19	2	1	0,16
20	2,3	1,4	0,29
21	2,4	1,7	0,38
22	2,5	1,7	0,43
23	2,4	2	0,45

Рис. П-1.8. Параметры динамического нагружения по датчикам №17,18

