

УДК 624.045.12

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НЕСУЩИХ СТЕН ИЗ
ГАЗОБЕТОННЫХ БЛОКОВ D400 C2,5 И D300 C2,0 ПРИ ВЕРТИКАЛЬНЫХ
СТАТИЧЕСКИХ И ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СЕЙСМИЧЕСКИХ НАГРУЗКАХ**



Немчинов Ю.И., докт. техн. наук, первый заместитель директора института по научной работе ГП «Государственный научно-исследовательский институт строительных конструкций»



Марьенков Н.Г., докт. техн. наук, заведующий отделом ГП «Государственный научно-исследовательский институт строительных конструкций»



Тарасюк В. Г., канд. техн. наук, заместитель директора института по научной и нормативно-методической работе ГП «Государственный научно-исследовательский институт строительных конструкций»



Жарко Л.А., канд. техн. наук, заведующий отделом ГП «Государственный научно-исследовательский институт строительных конструкций»



Богдан Д.В., канд. техн. наук, научный сотрудник, ГП «Государственный научно-исследовательский институт строительных конструкций»



Панчик Е.В., инженер I категории, ГП «Государственный научно-исследовательский институт строительных конструкций»



Сиротин О.В., исполнительный директор, Всеукраинская ассоциация производителей автоклавного бетона



Брынзин Е.В., канд. техн. наук, председатель научно-консультационного совета, Всеукраинская ассоциация производителей автоклавного газобетона

АННОТАЦИЯ: В статье представлены экспериментальные исследования натуральных фрагментов стен из газобетонных блоков с целью определения сейсмостойкости несущих конструкций малоэтажных жилых зданий. Разработана трехмерная модель трехэтажного здания для получения вертикальных статических и горизонтальных сейсмических нагрузок на испытательные образцы. В процессе испытаний проверен характер деформирования и несущая способность стеновых конструкций из газобетонных блоков. По результатам испытаний сделаны выводы и приведены рекомендации по использованию газобетонных блоков при строительстве зданий в сейсмических районах.

ABSTRACT: The paper presents the experimental studies of the full-scale fragments of walls made from aerated concrete blocks with the purpose of determining the seismic resistance of load-bearing structures in low-rise residential buildings. A three-dimensional model of the three-story building was developed to obtain vertical static and horizontal seismic loads on the test samples. The deformation behavior and bearing capacity of the wall structures made of aerated concrete blocks were inspected during the tests. Based on the results of tests, the conclusions were drawn and recommendations were given as to the application of aerated concrete blocks for building construction in various seismic regions.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: газобетон, сейсмостойкость, напряжения, деформации, несущая способность.

KEYWORDS: aerated concrete, seismic resistance, stress, deformation, bearing capacity.

По состоянию на 2017 г. газобетонные блоки автоклавного твердения D400 C2,5 и D300 C2,0 (плотность и класс бетона по прочности на сжатие) применяются в сейсмоопасных районах в ограждающих стенах и перегородках [1, 2, 6]. Для обоснования их применения в несущих стенах при строительстве малоэтажных сейсмостойких зданий в государственном предприятии НИИСК Минрегиона Украины выполнен в 2014-2016 г. г. комплекс экспериментально-теоретических исследований.

Основная цель исследований – определение сейсмостойкости несущих стен малоэтажных (до трех этажей) жилых домов при совместном действии вертикальных статических и горизонтальных сейсмических нагрузок.

Для реализации поставленной цели необходимо было провести расчеты и испытания натуральных фрагментов стен жилого дома по разработанной методике.

При исследованиях были решены следующие задачи:

- анализ конструктивного решения трехэтажного здания с несущими стенами из блоков автоклавного твердения D400 C2,5 и D300 C2,0 по разработанному проекту [5];
- расчет пространственной модели трехэтажного жилого дома;
- оценка прочности раствора, газобетонных блоков, кладки, натуральных простенков;
- оценка влияния железобетонных включений (сердечников) на прочность простенка;
- определение несущей способности простенков при совместном действии вертикальных статических и горизонтальных сейсмических нагрузок, эквивалентных расчетной интенсивности площадки строительства 7 и 8 баллов.

В качестве объектов исследований были приняты блоки автоклавного твердения D400 C2,5 и D300 C2,0, так как их производство в Украине составляет более 45% (рис. 1). В то же время марка средней плотности D600 уже почти не производится.

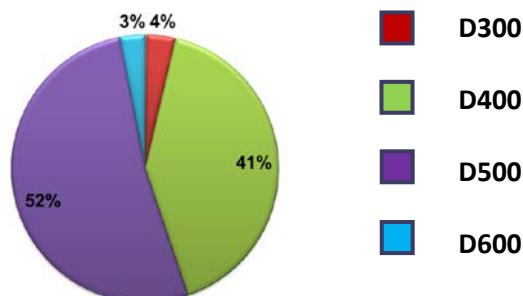


Рис. 1. Соотношение выпускаемых в Украине бетонов автоклавного твердения в зависимости от марок по плотности (D300...D600)

Цель и задачи исследований. Экспериментальные исследования фрагментов стен из газобетонных блоков выполнялись в Государственном научно-исследовательском институте строительных конструкций (НИИСК) совместно с Всеукраинской ассоциацией производителей автоклавного газобетона.

Целью испытаний является проверка характера деформирования и несущей способности стеновых конструкций из бетонных блоков автоклавного твердения (автоклавный газобетон) при совместном действии вертикальных и горизонтальных (соответствующих сейсмическим) нагрузок, а также оценка сейсмостойкости несущих стен трехэтажного жилого дома.

Задачами испытаний является оценка прочности, жесткости и трещиностойкости элементов стеновых конструкций при совместном действии вертикальных статических и статического эквивалента сейсмических нагрузок интенсивностью 7 и 8 баллов по ДСТУ [1] и ДБН [2].

Испытания включали следующие этапы [6]:

- определение физико-механических характеристик газобетонных блоков, раствора и кладки;
- оценка сейсмостойкости натуральных простенков трехэтажного дома при расчетных сейсмических нагрузках интенсивностью 7 и 8 баллов;
- определение влияния на несущую способность и деформативность фрагментов кладки железобетонных вставок (сердечников);
- получение полных диаграмм «нагрузка вертикальная – деформация сжатия» кладки; опытных зависимостей «нагрузка горизонтальная – угол сдвига» натуральных простенков и фрагментов кладки (без сердечников и с сердечниками), а также «нагрузка горизонтальная – перемещение» натуральных простенков и фрагментов кладки из газобетонных блоков.

Нагрузки на простенки и опытные фрагменты кладки из газобетона трехэтажного дома

В качестве базового для исследований принято трехэтажное здание с подвалом по проекту [5]. По результатам расчетов пространственной модели здания (рис. 2) был выполнен анализ напряженного состояния стен и простенков жилого дома. В качестве объектов анализа были рассмотрены простенки первого и третьего надземных этажей, для которых определены расчетные вертикальные статические и горизонтальные сейсмические нагрузки (табл. 1). Для простенков наружных и внутренних стен шириной от 1,2 м до 3,6 м и толщиной 0,4 м определены отношения горизонтальной сейсмической нагрузки к вертикальной статической. Полученные данные были приняты за основу при определении параметров и нагрузок на опытные фрагменты простенков (масштаб 1:2) и натурные стены без проемов при проведении испытаний (табл. 2).

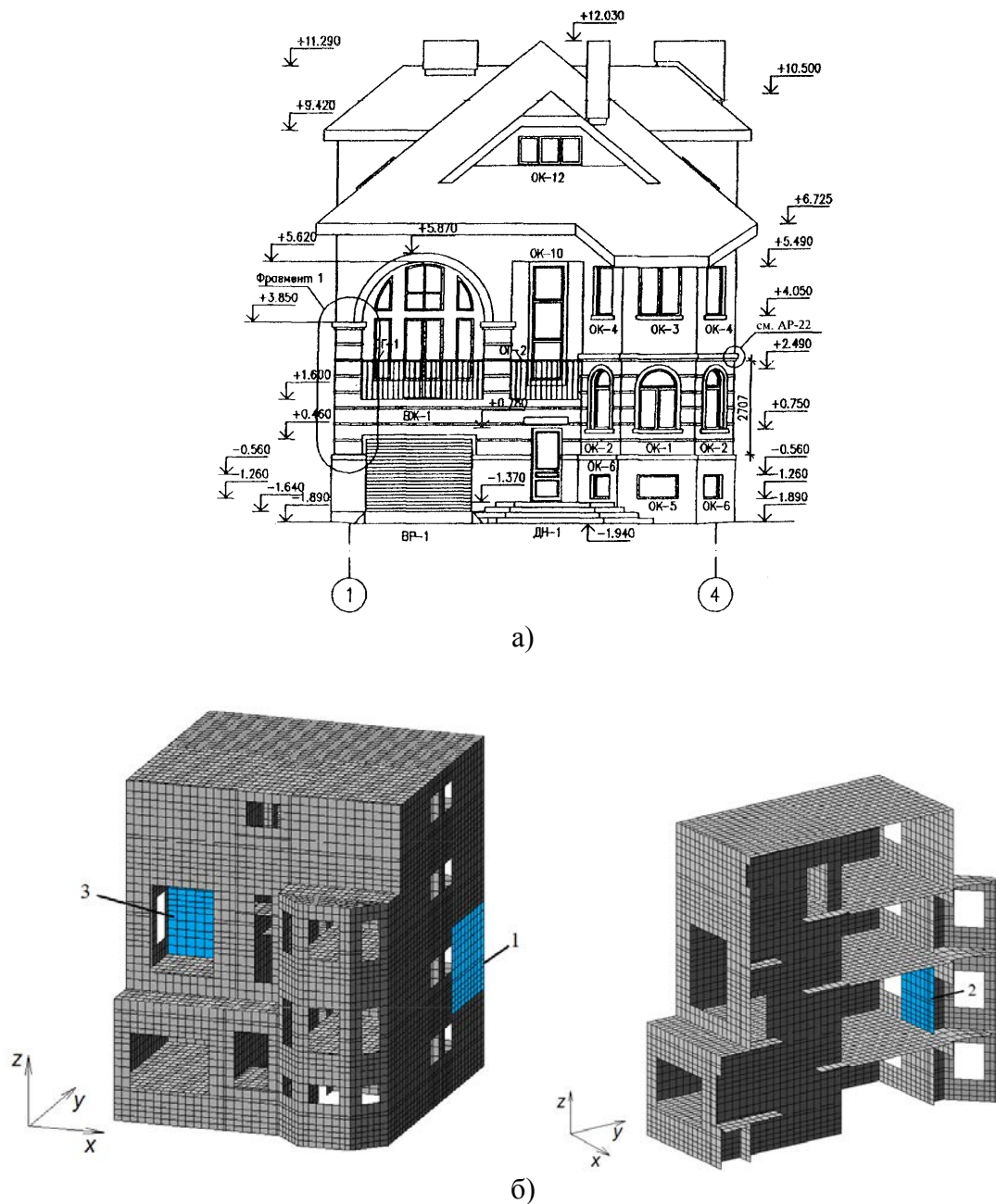


Рис. 2. Фасад жилого дома с несущими стенами из газобетонных блоков (а) и пространственная модель здания (б)

Для оценки сейсмостойкости несущих стен здания из блоков автоклавного твердения по результатам расчетов модели здания были определены напряжения в несущих стенах, включая простенки 1, 2 и 3, указанные на рис. 2, с учетом сейсмических нагрузок 7 и 8 баллов, которые сравнивались затем с опытными данными.

Одним из основных деформационных критериев кладки несущих стен из газобетонных блоков, определяющим их сейсмостойкость, является максимальный перекося этажа здания [2]. Для определения максимального значения допустимого перекося несущих газобетонных стен и определения их сейсмостойкости проведены испытания двух одинаковых простенков (в масштабе 1:1) жилого трехэтажного дома при совместном действии вертикальных и горизонтальных (эквивалентных сейсмическим) нагрузок.

Один простенок ПР-3 (рис. 3) в масштабе 1:1 (кладка из 96-ти газобетонных блоков с размерами 600x400x200 мм) испытан на действие постоянной вертикальной (160 кН) и ступенчатых (нагрузка на каждой ступени принята 5 кН) монотонных горизонтальных нагрузок, соответствующих сейсмическим 7 баллов и 8 баллов, в уровне третьего и затем первого этажей дома, показанных в табл. 1. В случае возможности продолжения испытаний горизонтальная монотонная нагрузка (ступенями по 2...5 кН) доводилась до разрушающей.

Второй простенок ПР-3 в масштабе 1:1 (кладка из 96-ти газобетонных блоков с размерами 600x400x200 мм) был испытан на действие постоянной вертикальной (160 кН) и ступенчатых знакопеременных (три цикла испытаний) горизонтальных нагрузок, соответствующих сейсмическим 7 баллов (42 кН) и 8 баллов (84 кН), в уровне первого этажа дома (табл. 1).

Таблица 1

Величины расчетных нагрузок на простенки дома (масштаб 1:1)

Наименование простенка, ось	Ширина (b), высота (h), толщина (t)	Этаж дома	Вертикальная статическая нагрузка P^B , кН	Горизонтальная сейсмическая нагрузка S, кН		Отношение горизонтальной (7 баллов) и вертикальной нагрузки, S/P^B
				7 баллов	8 баллов	
ПР-1, 4/В-Г	b=3,6 м h=3,2 м t=0,4 м	1	116	4,9	9,8	0,04
ПР-2, Г/1-2	b=1,2 м h=3,2 м t=0,4 м	1	77	4,5	9,0	0,06
ПР-3, В/1-2	b=3,6 м h=3,2 м t=0,4 м	3	74	5,1	10,2	0,07
ПР-3, В/1-2	b=3,6 м h=3,2 м t=0,4 м	1	160	42	84	0,26

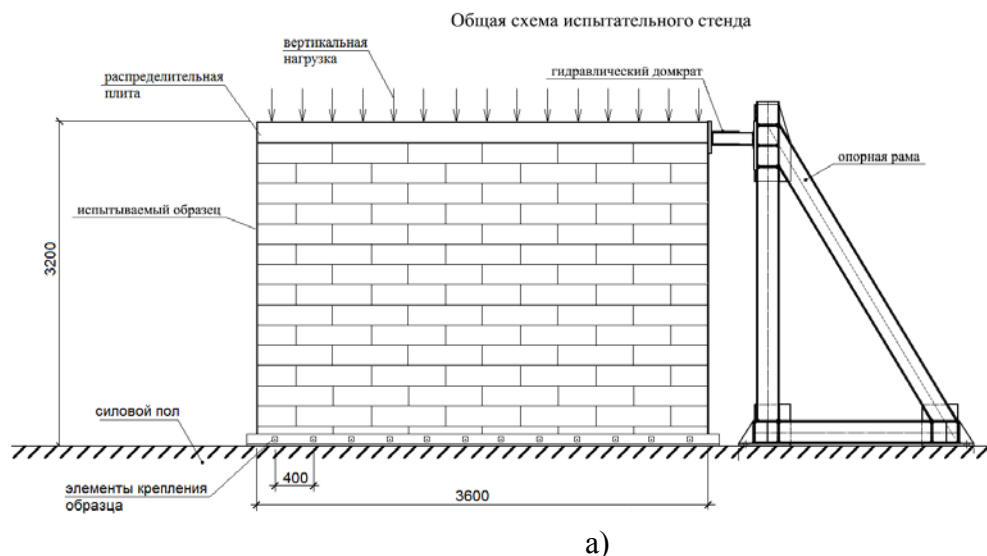


Рис. 3. Схема испытательного стенда с приложением горизонтальной (сейсмической) нагрузки справа при монотонном нагружении (а) и общий вид простенка без сердечника (б) и с сердечником (в), нагруженных вертикальной и горизонтальной нагрузками, при испытаниях

Нагрузки при испытаниях опытных фрагментов кладки на перекос

Для определения характера работы кладки из газобетонных блоков при двухосном напряженном состоянии (оценка прогрессирующего трещинообразования, перекоса, несущей способности при монотонном и циклическом нагружении) выполнены испытания на перекос трех одинаковых фрагментов с размерами 1800x1600x400 мм.

Один фрагмент кладки ФГ-1м испытан на специальном стенде (рис. 4 и 5) при монотонном ступенчатом нагружении (по 10 кН) вертикальными нагрузками, соответствующими третьему этажу дома (40 кН), затем первому этажу – 80 кН (табл. 2) и далее до разрушающей нагрузки - $P_{разр}$.

Еще два фрагмента ФГ-2ц и ФГ-3ц испытаны также на прессе при трех полуциклах «нагрузка - разгрузка» вертикальной ступенчатой нагрузкой.

При первом полуцикле нагрузка на каждой ступени принимается $0,1P_{разр}$ и доводится до $0,5 P_{разр}$. Затем осуществляется полная разгрузка также ступенями $0,1P_{разр}$.

При втором полуцикле нагрузка на каждой ступени принимается $0,1P_{разр}$ и доводится до $0,8 P_{разр}$. Затем осуществляется полная разгрузка также ступенями $0,1P_{разр}$.

При третьем полуцикле нагрузка на каждой ступени принимается $0,1P_{разр}$ и доводится до $P_{разр}$ (табл. 2).

По результатам циклических испытаний были построены для фрагментов ФГ-2ц и ФГ-3ц гистерезисные зависимости «нагрузка - деформация» (рис. 6) и «нагрузка - угол перекоса».

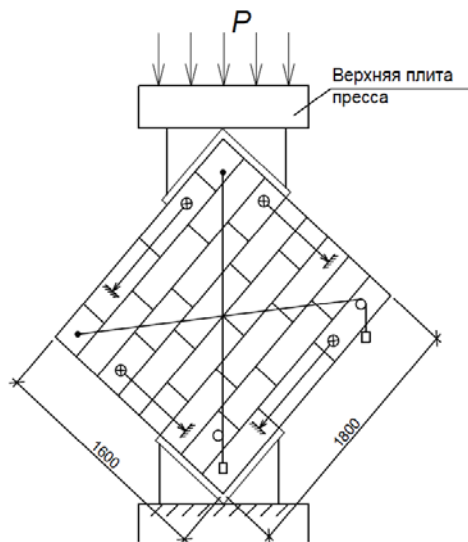


Рис. 4. Схема установки измерительных приборов при испытании фрагментов кладки на перекос



Рис. 5. Общий вид испытаний фрагмента кладки на перекос

Таблица 2

Величины нагрузок на опытные фрагменты марки ФГ

Наименование фрагмента	Ширина (b), высота (h), толщина (t)	Этаж дома	Вертикальная статическая нагрузка P_3^B , кН	Горизонтальная сейсмическая нагрузка S_3 , кН		Отношение горизонтальной (7 баллов) и вертикальной нагрузки, S_3/P_3^B
				7 баллов	8 баллов	
ФГ-1м (монотонные нагрузки)	b = 1,8 м h = 1,6 м t = 0,4 м	3	40	2,6	5,2	0,07
ФГ-1м (монотонные нагрузки)	b = 1,8 м h = 1,6 м t = 0,4 м	1	80	21	42	0,26
ФГ-2ц (знакопеременные нагрузки, 3 полуцикла)	b = 1,8 м h = 1,6 м t = 0,4 м	1	80	21	42	0,26
ФГ-3ц (циклические, 3 цикла)	b = 1,8 м h = 1,6 м t = 0,4 м	1	80	21	42	0,26

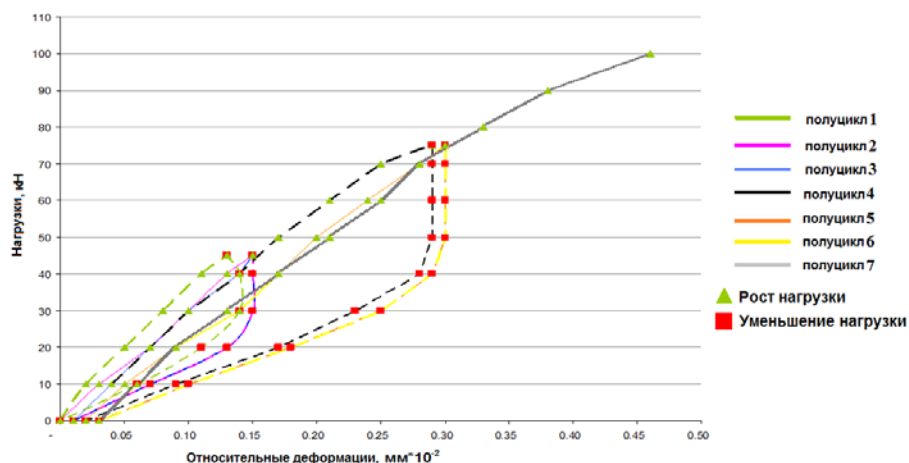


Рис. 6. Гистерезисные зависимости фрагмента ФГ-2ц

Для оценки влияния железобетонных сердечников на деформационные характеристики и несущую способность стеновых конструкций из газобетонных блоков при действии горизонтальных сейсмических нагрузок проведены испытания по одному фрагменту стен при монотонном ступенчатом нагружении горизонтальной нагрузкой, а также по два фрагмента при знакопеременной горизонтальной нагрузке (рис. 7).

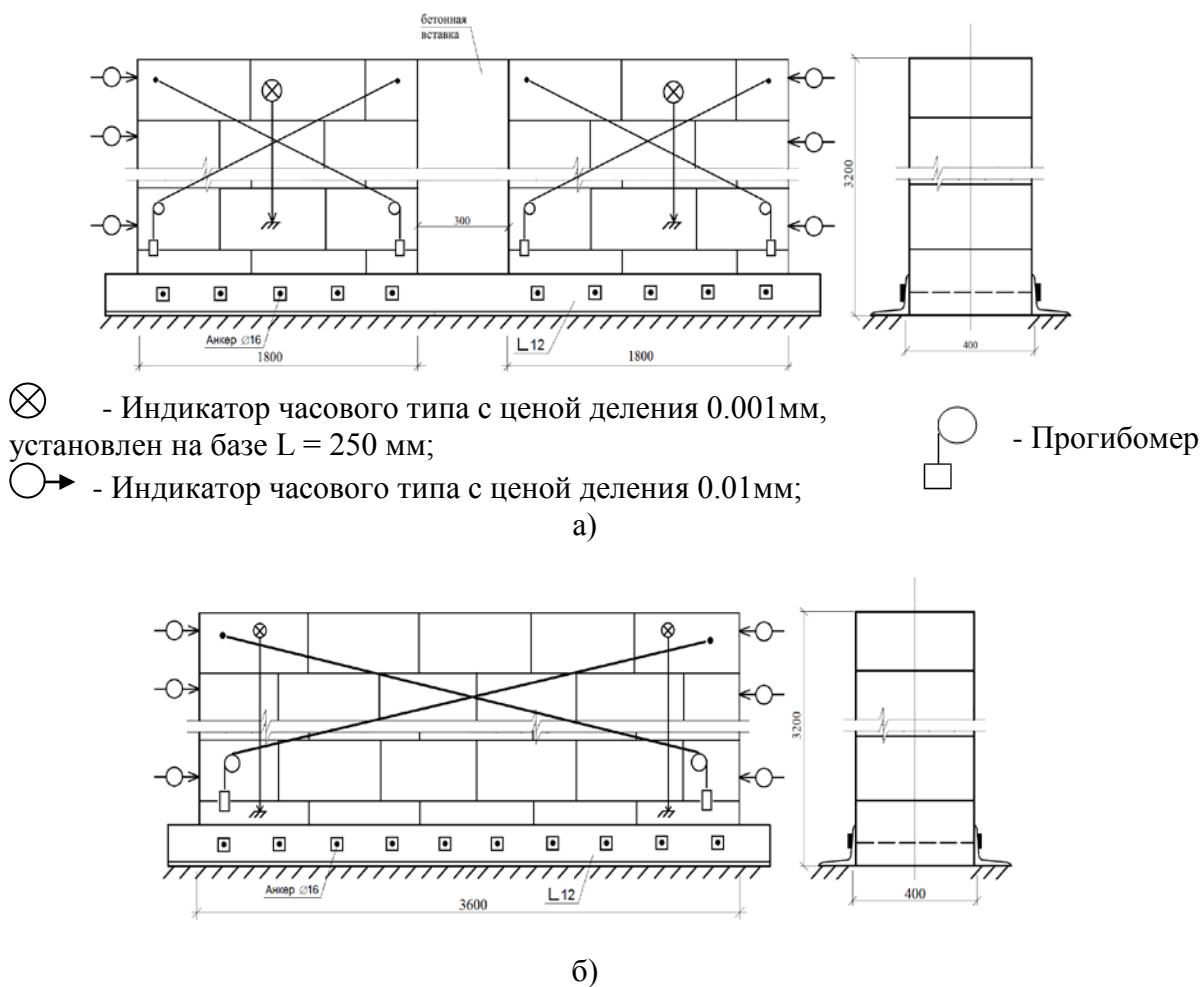


Рис. 7. Схемы установки приборов для измерения горизонтальных перемещений и перекосов фрагментов при испытании на знакопеременные сдвиговые нагрузки кладки с сердечником (а) и при его отсутствии (б)

Измерение перемещений и деформаций опытных образцов

При испытаниях фрагментов и натуральных простенков на сдвиг и перекося измерялись:

- удлинение и укорочение диагоналей опытных образцов (рис. 8);
- перемещение в трех точках по высоте опытных образцов в плоскости действия горизонтальной (сейсмической) нагрузки (рис. 9).

Измерения удлинения и укорочения диагоналей простенков и фрагментов осуществлялось прогибомерами ПАО-6 [3, 4] с ценой деления 0,001 мм. Для измерения перемещений точек по высоте опытных образцов в плоскости действия горизонтальной нагрузки применены индикаторы часового типа с ценой деления 0,01 мм. Смещение низа простенков относительно силового пола измерялись индикаторами часового типа с ценой деления 0,01 мм, установленными на базе 250 мм.

При испытании кладки на сжатие использовались индикаторы часового типа с ценой деления 0,001 мм, установленные на базе $L = 250$ мм или $L = 500$ мм.

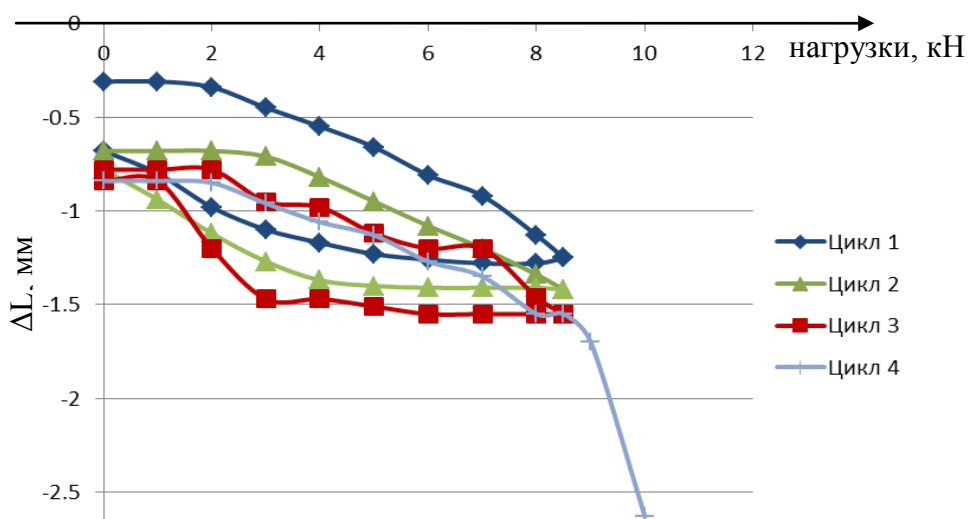


Рис. 8. Гистерезисные зависимости удлинения диагонали натурального простенка от горизонтальной нагрузки

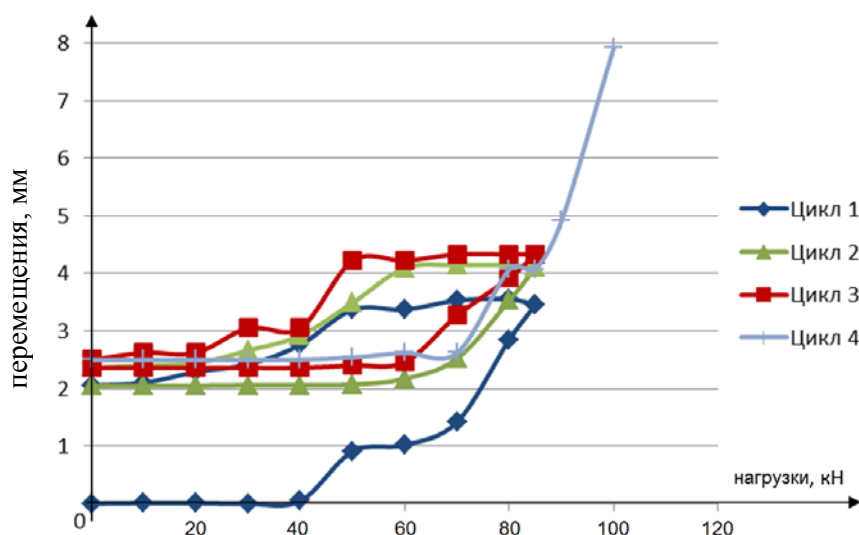


Рис. 9. Гистерезисные зависимости перемещений верха натурального простенка от горизонтальной нагрузки

Испытания опытных образцов проводились до исчерпания несущей способности. Согласно [4] исчерпание несущей способности опытных образцов может характеризоваться следующими признаками:

- нарастание горизонтальных перемещений верхней зоны опытного образца при выдержке под очередной ступенью нагрузки;
- развитие и раскрытие трещин в кладке при практически неизменной нагрузке (рис. 10);
- резкое снижение вертикальной нагрузки через раздробление кладки простенков;
- резкое снижение горизонтальной нагрузки из-за разрушения соединения простенка с элементами крепления к силовому полу или при срезе простенка.



Рис. 10. Характер разрушения простенка (образование и раскрытие трещин в газобетонных блоках нижних рядов кладки)

Нагрузка на опытные образцы прикладывалась частями. После приложения каждой доли нагрузки опытные образцы выдерживались под этой нагрузкой не менее 10 минут. Во время выдержки под нагрузкой выполнялись осмотр элементов опытных образцов с фиксацией в журнале испытаний величины нагрузки, показаний приборов, наличия трещин и ширины их раскрытия, фотографирование. При горизонтальной нагрузке, соответствующей сейсмическому воздействию 7 или 8 баллов, контролируемые показатели фиксировались в начале и конце выдержки.

Непосредственно по показаниям приборов, которые были установлены на опытных фрагментах и простенках, определялись вертикальные деформации, горизонтальные перемещения, удлинение и укорочение диагоналей простенков.

По результатам определения укорочений и удлинений диагоналей простенков определялся угол сдвига простенков и жесткость на сдвиг по приведенным формулам (1) - (4) [7].

При одновременном действии горизонтальных и вертикальных нагрузок угол сдвига γ простенка определяется по формуле:

$$\gamma = \frac{L^2 + H^2}{2LH} \cdot \frac{2\Delta l_1 + \Delta l_2}{l_d}, \quad (1)$$

где L - длина простенка; H - высота простенка; Δl_1 - укорочение диагонали простенка; Δl_2 - удлинение диагонали простенка; l_d - длина диагонали простенка.

Касательное напряжение определяется по формуле:

$$\tau = \frac{S \cdot k_1}{F \cdot \gamma_{np}}, \quad (2)$$

где S - горизонтальная (сейсмическая) нагрузка на простенок;

F - площадь сечения простенка;

$\gamma_{np} = 1 - \frac{c}{0,85}$ - коэффициент, учитывающий проем в простенке (c - отношение площади

проема к площади сечения простенка, при отсутствии проема $\gamma_{np} = 1$);

$k_1 = 1,2$ - коэффициент формы прямоугольного сечения.

Модуль сдвига простенка:

$$G_1 = \frac{\tau}{\gamma}. \quad (3)$$

Жесткость простенка на сдвиг:

$$K = \frac{G_1 \cdot F \cdot \gamma_{np}}{k_1}. \quad (4)$$

Обработка результатов испытаний заключалась в определении:

- характера деформирования кладки и простенков из газобетонных блоков при действии вертикальной нагрузки (определение диаграмм « $\sigma - \varepsilon$ » и модуля деформации кладки) и горизонтальной (построение зависимостей «нагрузка - горизонтальное перемещение верха фрагмента» при монотонном нагружении и петель гистерезиса при знакопеременных нагрузках);

- характера горизонтальных перемещений опытных образцов при росте горизонтальных нагрузок;

- момента образования и ширины раскрытия трещин в кладке простенков;

- определение несущей способности и характера разрушения опытных образцов.

Характер деформирования простенков определялся по показаниям прогибомеров и индикаторов. Несущая способность опытных образцов простенков оценивалась по показаниям силоизмерителя. Что касается характера разрушения, то он определялся визуально (рис. 10).

ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

Выполненный комплекс экспериментально-теоретических исследований фрагментов и натуральных простенков (кладка из автоклавного газобетона с характеристиками D300 C2,0 и D400 C2,5) для обоснования возможности строительства малоэтажных (до трех этажей) зданий в сейсмически опасных районах Украины позволил получить следующие результаты.

А. По результатам расчетов напряженного состояния несущих стен из блоков автоклавного газобетона с использованием компьютерной модели трехэтажного жилого дома можно сделать следующие выводы:

1. Максимальные сжимающие напряжения в несущих стенах равны 0,29 МПа и 0,36 МПа при совместном действии статических вертикальных нагрузок и горизонтальных сейсмических воздействий интенсивностью, соответственно, 7 и 8 баллов.

2. Максимальные растягивающие напряжения в несущих стенах с оконными и дверными проемами равны 0,07 МПа и 0,12 МПа при совместном действии статических вертикальных нагрузок и горизонтальных сейсмических воздействий интенсивностью, соответственно, 7 и 8 баллов.

3. По результатам расчетов здания были приняты объекты испытаний: простенки первого и третьего надземных этажей, для которых определены расчетные вертикальные статические и горизонтальные сейсмические нагрузки. Для простенков наружных и внутренних стен шириной от 1,2 м до 3,6 м и толщиной 0,4 м определены отношения горизонтальной сейсмической нагрузки к вертикальной статической.

Б. Полученные результаты испытаний раствора, газобетонных блоков, кладки, фрагментов, простенков в масштабе 1:1 позволяют сделать следующие выводы:

1. По результатам проведенных испытаний образцов раствора и газобетонных блоков получены следующие опытные данные:

- прочность раствора – 12,12 МПа; прочность блоков при сжатии – 1,75 МПа; прочность кладки при растяжении (нормальное сцепление) – 0,102 МПа.

2. По результатам проведенных испытаний образцов кладки с размерами 1800x1600x375 мм на сжатие и на перекося получены следующие опытные данные:

- прочность раствора – 9,86 МПа; прочность кладки при сжатии – 1,19 МПа;

- углы сдвига (перекося) фрагментов кладки перед разрушением составляют: образец №1 – 0,0006; №2 - 0,0019; №3 - 0,0016.

3. По результатам проведенных испытаний двух простенков без сердечника с размерами 3600x3200x375мм (№1 и №2) и одного (№3) с железобетонным сердечником 3900x3200x375мм (масштаб простенков 1:1) получены следующие опытные данные:

- минимальный угол сдвига (перекося) простенков - 0,0004;

- разрушение простенка №1 произошло при совместном действии вертикальной нагрузки, равной 168кН и горизонтальной – 90кН; простенка №2 - при совместном действии вертикальной нагрузки, равной 168кН и горизонтальной – 100кН; простенка №3 - при совместном действии вертикальной нагрузки, равной 168кН и горизонтальной – 120кН.

4. Минимальная горизонтальная (сейсмическая) нагрузка, соответствующая началу образования трещин в простенке № 3, равна 51 кН. Учитывая хрупкий характер разрушения испытанных простенков из газобетонных блоков и снижение прочности кладки при знакопеременных сейсмических нагрузках, а также то, что расчетное значение горизонтальной (сейсмической) нагрузки на простенок первого этажа равно 84 кН, сделан вывод о недостаточной прочности несущих стен трехэтажного здания из газобетонных блоков при сейсмических воздействиях 8 баллов.

5. По результатам натурных динамических исследований затухающих колебаний простенков установлено, что логарифмический декремент равен 0,16-0,19. Этому значению декремента соответствует затухание конструкций, равное 3% от критического. Данное обстоятельство необходимо учитывать при назначении коэффициента k_1 при определении сейсмических нагрузок.

6. Анализ результатов численных исследований пространственной модели трехэтажного жилого дома при сейсмических нагрузках 8 баллов показал: прочность несущих стен из блоков с характеристиками D300 C2,0 не обеспечена, так как максимальные расчетные растягивающие напряжения равны 0,12 МПа, что превышает опытное предельное сопротивление газобетонных блоков при растяжении, равное 0,102 МПа.

РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Строительство жилых домов с несущими стенами из газобетонных блоков автоклавного твердения плотностью D400 с классом прочности на сжатие не меньше C2,5 возможно высотой до трех этажей в сейсмоопасных районах сейсмичностью 6 и 7 баллов. При расчетной сейсмичности площадки строительства 8 баллов высота жилых зданий не должна превышать двух этажей с применением в несущих стенах железобетонных сердечников.

2. Строительство жилых домов с несущими стенами из газобетонных блоков автоклавного твердения класса по прочности на сжатие не меньше C 2,0 возможно только при применении железобетонных сердечников высотой до трех этажей в сейсмоопасных районах сейсмичностью 6 баллов и высотой до двух этажей при сейсмичности 7 баллов.

3. По результатам проведенных испытаний натурных простенков допустимое значение межэтажных перекося (таблица 6.8 ДБН [2]) необходимо принимать не более 0,0004.

4. Полученные экспериментальные данные о пониженном демпфировании стеновых конструкций из автоклавного газобетона позволяют рекомендовать при расчете

сейсмических нагрузок принимать значение коэффициента k_1 (табл. 6.3 [2]), учитывающего неупругие деформации конструкций, равным 0,5.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шкала сейсмічної інтенсивності: ДСТУ Б В.1.1-28:2010. – [Чинний від 2011-10-01]. – К.: Мінрегіон України, 2011, - III, 47 с. – (Національний стандарт України).
2. Будівництво у сейсмічних районах України: ДБН В.1.1-12:2014. – [Чинні від 2014-10-01]. – К.: Мінрегіон України, 2014. – VI, 84, 110 с. – (Будівельні норми України).
3. ДСТУ ГОСТ 577:2009. Индикаторы часового типа с ценой деления 0,01 мм. Технические условия. – [Действует с 2009-02-01]. - М., 2002. - 12 с.
4. Конструкції будинків і споруд. Вироби будівельні бетонні та залізобетонні збірні. Методи випробувань навантажуванням. Правила оцінки міцності, жорсткості та тріщиностійкості: ДСТУ Б В.2.6-7-95 (ГОСТ 8829-94). – [Чинний від 1996-04-01]. - К.: Державний комітет України у справах містобудування і архітектури, 1997. – IV, 30 с. – (Національний стандарт України).
5. Проект 3-хэтажного жилого дома с несущими стенами из газобетона - «7-микомнатный жилой дом «АРКА». – К.: УкрНИИПГраждансельстрой, 2013.
6. Настанова з проектування та улаштування конструкцій будівель із застосуванням виробів із ніздрюватого бетону автоклавного тверднення: ДСТУ-Н Б В.2.6-202:2015. – [Чинний від 2016-07-01]. – К.: Мінрегіон України, 2016, III, 98 с. - (Національний стандарт України).
7. Поляков С.В. Сейсмостойкость зданий с несущими кирпичными стенами / С.В. Поляков, С.М. Сафаргалиев. - Алма-Ата, 1988. - 188 с.
8. Розчини будівельні. Методи випробувань: ДСТУ Б В.2.7-239:2010. – [Чинний від 2011-08-01]. – К.: Мінбуд України, 2010. – IV, 20 с. - (Національний стандарт України).
9. Матеріали стінові. Методи визначення границь міцності при стиску і згині: ДСТУ Б В.2.7-248:2011. – [Чинний від 2012-12-01]. – К.: Мінрегіон України, 2012. – V, 10 с. - (Національний стандарт України).
10. Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення міцності за контрольними зразками: ДСТУ Б В.2.7-214:2009. – [Чинний від 2010-09-01]. – К.: Мінбуд України, 2010, IV, 36 с. - (Національний стандарт України).
11. Бетони легкі та ніздрюваті. Правила контролю середньої густини: ДСТУ Б В.2.7-278:2011. – [Чинний від 2012-12-01]. – К.: Мінрегіон України, 2012. – V, 9 с. - (Національний стандарт України).

References

1. Shkala seismichnoi intensyvnosti [The scale of seismic intensity]. (2011). *National standard of Ukraine. DSTU B V.1.1-28:2010 from 1st October 2011*. K.: Minrehion Ukrainy [in Ukrainian].
2. Budivnytstvo u seismichnykh raionakh Ukrainy [Construction in seismic areas of Ukraine]. (2014). *Construction Norms of Ukraine. DBN V.1.1-12:2014 from 1st October 2014*. K.: Minrehion Ukrainy [in Ukrainian].
3. Indikatory chasovoho tipa s tsenoi delenia 0,01 mm. Tekhnicheskiie uslovia. [Dial indicators with a division value of 0.01 mm. Specifications]. (2002). *DSTU HOST 577:2009 from 1st February 2009*. Moscow [in Russian].
4. Konstruktsii budybkiv i sporud. Vyroby budivelni betonni ta zalizobetonni zbirni. Metody vyprobuvan navantazhuvanniam. Pravyla otsinky mitsnosti, zhorstkosti ta trishchynostiikosti. Structures of buildings and facilities. Concrete and reinforced concrete precast building products. Loading test methods. Strength, rigidity and resistance to cracking assessment rules]. (1997). *National standard of Ukraine. DSTU B V.2.6-7-95 (HOST 8829-94 from 1st April 1996*. K.: State Committee of Ukraine for Urban Development and Architecture [in Ukrainian].
5. *Proekt 3-etazhnoho zhyloho doma s nesushchimi stenami iz hazobetona - «7-komnatnyi zhyloi dom «ARKA»* [The design of 3-storey dwelling house with bearing walls of aerated concrete - «7-room dwelling house «ARKA»]. (2013). K.: UkrNIIPGrazhdanselstroï [in Russian].
6. Nastanova z proektuvannia ta ulashtuvannia konstruktsii budivel iz zastosuvanniam vyrobiv iz nizdriuvatoho betonu avtoclavnoho tverdnennia [Guidance on the design and arrangement of building structures with the use of products from autoclaved porous concrete]. (2016). *National standard of Ukraine. DSTU-N B V.2.6-202:2015 from 1st July 2016*. K.: Minrehion Ukrainy [in Ukrainian].
7. Poliakov, S.V., & Safarhaliev, S.M. (1988). *Seismostoikost zdaniï s nesushchymi kirpichnymi stenami* [Seismic resistance of buildings with bearing brick walls]. Alma Ata [in Russian].

8. Rozchyny budivelni. Metody vyprobuvan. [Building mortars. Testing methods]. (2010). *National standard of Ukraine. DSTU B V.2.7-239:2010 from 1st August 2011*. K.: Minbud Ukrainy [in Ukrainian].

9. Materialy stinovi. Metody vyznachennia hranyts mitsnosti pry stysku i zghyni [Walling materials. Methods for the determination of concrete compressive and bending strength limits]. (2012). *National standard of Ukraine. DSTU B V.2.7-248:2011 from 1st December 2012*. K.: Minrehion Ukrainy [in Ukrainian].

10. Budivelni materialy. Betony. Metody vyznachennia mitsnosti za kontrolnomy zrazkamy. [Building materials. Concretes. Methods for the strength determination based on check samples]. (2010). *National standard of Ukraine. DTU B V.2.7-214:2009 from 1st September 2010*. K.: Minbud Ukrainy [in Ukrainian].

11. Betony lehki ta nizdriuvati. Pravyla kontroliu serednioi hustyny [Light and porous concretes. Rules of concrete mean density control]. (2012). *National standard of Ukraine. DSTU B V.2.7-278:2011 from 1st December 2012*. K.: Minreh