



НИЦ строительство
научно-исследовательский центр



АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «СТРОИТЕЛЬСТВО».
ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ
ИМЕНИ В. А. КУЧЕРЕНКО

Договор №282/7-8-18/СК от 26.03.2018 г.
Заказчик: ООО «ТехноНИКОЛЬ-Строительные Системы»

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

на тему: «Экспериментальные исследования напряженно-деформационного состояния кладки из автоклавных ячеисто-бетонных блоков на строительной клей-пене ТЕХНОНИКОЛЬ при действии центрально приложенной нагрузки»
Этап 1



Москва, 2018 г.



НИЦ строительство
научно-исследовательский центр

АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «СТРОИТЕЛЬСТВО»».
ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ
ИМЕНИ В. А. КУЧЕРЕНКО



«УТВЕРЖДАЮ»

Директор ЦНИИСК
им. В.А. Кучеренко,
доктор тех. наук, проф.

И.И. Ведяков

« » 2018 г.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

на тему: «Экспериментальные исследования напряженно-деформационного состояния кладки из автоклавных ячеистобетонных блоков на строительной клей-пене ТЕХНОНИКОЛЬ при действии центрально приложенной нагрузки»

Этап 1

Заведующий лабораторией кирпичных,
блочных и панельных зданий, к.т.н.

О.И. Пономарев

Заведующий сектором

О.С. Чигрина

Старший инженер

Е.Г. Фокина

Москва, 2018 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

1.	ВВЕДЕНИЕ	4
2.	ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МАТЕРИАЛОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОБРАЗЦОВ	6
2.1.	Определение прочностных характеристик ячеистого бетона блоков	6
2.2.	Определение прочности сцепления кладки из ячеистобетонных блоков на клей-пене «ТЕХНОНИКОЛЬ»	7
3.	ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЧНОСТИ И ДЕФОРМАТИВНОСТИ ПРИ ЦЕНТРАЛЬНОМ СЖАТИИ КЛАДКИ, ВЫПОЛНЕННОЙ ИЗ ЯЧЕИСТОГО БЕТОНА НА СТРОИТЕЛЬНОЙ КЛЕЙ-ПЕНЕ «ТЕХНОНИКОЛЬ»	10
3.1.	Опытные образцы кладки и методика испытаний	10
3.2.	Проведение испытаний	11
3.3.	Обработка результатов испытаний	18
4.	ТРЕБОВАНИЯ К РАСЧЕТУ СТЕН ЗДАНИЙ, ВЫПОЛНЕННЫХ НА СТРОИТЕЛЬНОЙ КЛЕЙ-ПЕНЕ «ТЕХНОНИКОЛЬ»	20
4.1.	Расчет несущей способности стен, возведенных с использованием в качестве связующего клей-пены	20
4.2.	Конструктивные решения стен зданий, выполненных на строительной клей-пене «ТЕХНОНИКОЛЬ»	20
4.3.	Указания по возведению кладки на строительной клей-пене «ТЕХНОНИКОЛЬ» из кладочных изделий с гладкой поверхностью	21
4.4.	Теплотехнические свойства стен из ячеистобетонных блоков	22
4.5.	Пример расчета однослойной наружной стены из автоклавных ячеистобетонных блоков на клей-пене на внецентренное сжатие	22
5.	ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ	25
6.	ПРИЛОЖЕНИЯ	27
6.1.	Список использованной литературы	27
6.2.	Иллюстрации	29
6.3.	Копия допуска СРО исполнителя	39

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

1. Пономарев О.И. Заведующий лабораторией кирпичных, блочных и панельных зданий, к.т.н.
2. Горбунов А.А. Старший научный сотрудник
3. Чигрина О.С. Заведующая сектором
4. Фокина Е.Г. Старший инженер

1. ВВЕДЕНИЕ

Кладочные стеновые изделия являются основными видами строительных материалов России. Более 60% всех зданий и сооружений возводится с их применением. Кладка из кирпича, керамических и бетонных камней и мелких блоков широко используется как при строительстве новых зданий, так и при реконструкции.

Совершенствование качества строительства выполняется за счет новых видов кладочных материалов, таких как крупные силикатные блоки, блоки из ячеистого автоклавного бетона. Эти изделия изготавливаются с гладкими поверхностями и малыми допусками.

В связи с появлением стеновых кладочных изделий нового поколения изменилась технология возведения кладки. В настоящее время освоен выпуск клеевых растворов, кладка на которых выполняется с тонкослойным швом толщиной 3÷5 мм. Уменьшенная толщина растворного шва способствует улучшению теплотехнических показателей наружных стен. Для наружных стен из материалов с плотностью до 1000 кг/м³, которые могут применяться без эффективного утеплителя, использование тонкослойного шва позволяет сократить теплопотери из здания. К таким изделиям относятся ячеистобетонные и газобетонные блоки, шлифованные крупноформатные керамические камни. В то же время силикатные блоки с плотностью более 1400 кг/м³ использовать без эффективного утеплителя для отапливаемых зданий возможно только в южных районах в связи с недостаточно высоким сопротивлением теплопередаче кладки из данного материала.

Если клеевые растворы нашли достаточно широкое применение в Российских условиях, то использование клея-пены только осваивается. В этом случае толщина растворного шва составляет 0,5÷3 мм.

В Западной Европе имеется некоторый опыт по возведению кладки на клей-пене, в основном, при малоэтажном строительстве. Многие источники указывают на положительные аспекты использования данного материала, кроме теплотехнических, такие как:

- повышение производительности труда и темпов строительства;
- чистота производства (отсутствие растворомешалок).

Цель настоящего экспериментального исследования - определение прочностных и деформационных свойств кладки из ячеистого бетона на однокомпонентной полиуретановой строительной клей-пене в аэрозольной упаковке «ТЕХНОНИКОЛЬ».

При проведении работ соблюдались требования действующих нормативно-технических документов и регламентов. Список использованной нормативной и технической документации и литературы представлен в приложении. Список инструментов и оборудования, использованных в ходе работ, приведен в табл. 1.

табл. 1

Использованные инструменты и оборудование

	Наименование	Назначение
1.	Рулетка мет., 3 м.	Контроль геометрических размеров
2.	Штангенциркуль	Контроль геометрических размеров
3.	Уровень пузырьковый строительный	Контроль горизонтальности поверхностей при ведении кладки
4.	Дрель ударная (Перфоратор) Hilti TE4	Сверление отверстий в ячеистом бетоне при установке приборов
5.	Индикаторы часового типа (мессуры)	Измерение деформаций кладки при испытании на сжатие
6.	Пресс гидравлический MAN-500 мощностью 500 тс	Испытание образцов кладки на сжатие
7.	Универсальная машина Schopper-1000	Испытание опытных образцов на растяжение
8.	Пресс гидравлический «ПГМ-500МГ4», 500 кН.	Испытание образцов-кубов из ячеистого бетона на сжатие
9.	Фотоаппарат цифровой Olympus	Фотофиксация

2. ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МАТЕРИАЛОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОБРАЗЦОВ

В соответствии с договором от 26.03.2018 г. № 282/7-8-18/СК с ООО «ТехноНИКОЛЬ-Строительные Системы» ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко провел исследования несущей способности кладки из ячеистобетонных блоков, выполненной на клей-пене «ТЕХНОНИКОЛЬ».

Для проведения испытаний Заказчиком были доставлены:

– ячеистобетонные блоки Ytong D500 полнотелые следующих размеров: длина – 625 мм, толщина – 200 мм, высота – 250 мм;

– клей-пена «ТЕХНОНИКОЛЬ» для газобетонных блоков и кладки, представляющая собой готовый к применению однокомпонентный профессиональный полиуретановый клей в аэрозольной упаковке.

2.1. Определение прочностных характеристик ячеистого бетона блоков

Для определения прочностных характеристик ячеистого бетона блоков, использованных в образцах кладки, в рамках работы были проведены испытания на сжатие в прессе контрольных образцов бетона. Отбор и испытание образцов производились в соответствии с ГОСТ 10180-2012 «Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам», обработка результатов испытаний - в соответствии с ГОСТ 18105-2010 «Бетоны. Правила контроля и оценки прочности».

Отбор проб бетона производился путем выпиливания образцов без применения увлажнения, образцы отбирались из средней части блоков с отступлением от грани на величину не менее 20 мм. Перпендикулярность оснований и вертикальных граней образцов контролировалась с помощью угольника. В случае необходимости опорные поверхности образцов выравнивались шлифованием.

Всего для проведения испытаний было отобрано 6 стандартных образцов кубической формы с размером грани 150 мм. После изготовления образцы маркировались. Фотография образцов, подготовленных к испытаниям в прессе, приведена на рис. 12.

Для определения средней плотности бетона по ГОСТ 12730.1 образцы взвешивались на электронных весах с точностью до 10 г, их линейные размеры измерялись с помощью штангенциркуля с точностью до 1 мм. Каждый образец осматривался, выявленные дефекты фиксировались в журнале.

Испытания образцов производились на поверенном гидравлическом прессе ПГМ 500 МГ-4 мощностью 50 тс СКБ Стройприбор с ценой деления 10 кгс. При испытании образцы устанавливались на очищенную поверхность нижней плиты пресса и центрировались по рискам. Испытания проводились при свободном шарнире верхней плиты пресса при статическом нагружении с постоянной скоростью роста нагрузок до разрушения образца. Процесс испытаний образцов показан на рис. 13, образцы бетона после проведения испытаний показаны на рис. 14.

Предел прочности бетона образца ($R^{обп}$) определялся в соответствии с п 8.1 ГОСТ 10180-2012 «Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам» по формуле:

$$R^{обп} = \alpha \frac{F}{A} K_w,$$

где F – разрушающая нагрузка;

A – площадь рабочего сечения образца;

α – масштабный коэффициент для приведения прочности бетона к прочности бетона в образцах базовых размера и формы, который в соответствии с табл. 4 ГОСТ 10180-2012 для кубов с размером ребра 150 мм принимался равным 1,0;

K_w – поправочный коэффициент для ячеистого бетона, учитывающий влажность образцов в момент испытания. Поскольку значение влажности составляло более 25%, в соответствии с п. 8.3 ГОСТ 10180-2012 коэффициент принимается равным 1,15.

Прочность бетона в серии образцов определялась как среднее арифметическое значение по всем образцам серии.

В соответствии с п. 4.3 ГОСТ 18105-2010, учитывая, что при установленном техническим заданием к договору объеме выборки получение достаточного количества образцов для определения характеристик однородности невозможно, контроль прочности бетона проводился по схеме Г. При этом в соответствии с п. 7.5 ГОСТ 18105-2010 значение фактического класса прочности бетона (условный класс) рассчитывалось по формуле:

$$B_{\phi} = 0,8 \cdot R_m.$$

Данные о геометрических размерах образцов, их массе, разрушающей нагрузке, а также результаты определения объемной массы и прочности бетона образцов, сведены в табл. 2. В таблице также приведены результаты расчета среднего значения прочности бетона образцов и определенное по нему значение условного фактического класса бетона.

табл. 2

Результаты испытаний на сжатие образцов ячеистого бетона

Ном. образца	Дата испытания	Ширина, а, мм	Глубина, b, мм	Высота, h, мм	Масса, м, г	Разрушающая нагрузка, F, кН	Объемная масса, ρ , г/см ³	K_w	Врем. сопротивление R_i , кПа	R_{m_i} , кПа	$R_{\phi} = 0,8 \cdot R_{m_i}$, кПа	Условный класс	Отклонение	Примечание
К-1	22.06.18	149	151	151	1 870	86,57	0,550	1,15	4422				3%	
К-2	22.06.18	151	151	149	1 970	93,45	0,580	1,15	4710				10%	
К-3	22.06.18	149	150	148	2 075	76,78	0,627	1,15	3948				-8%	
К-4	22.06.18	150	151	149	1 990	88,29	0,590	1,15	4480				5%	
К-5	22.06.18	152	149	149	1 890	89,27	0,560	1,15	4530				6%	
К-6	22.06.18	150	151	149	1 830	69,98	0,542	1,15	3551				-17%	
Средние:							0,575			4273	3419	B2,5		

По результатам проведенных испытаний образцов бетона, отобранных из ячеистобетонных блоков, установлено, что среднее значение прочностных характеристик бетона соответствует требованиям к бетону класса B2,5. Среднее значение фактической плотности в состоянии естественной влажности составляет 575 кг/м³. По данным Заказчика марка ячеистого бетона по плотности D500.

2.2. Определение прочности сцепления кладки из ячеистобетонных блоков на клей-пене «ТЕХНОНИКОЛЬ»

Прочность сцепления связующего с кладочными элементами имеет большое значение для прочности кладки, так как она обеспечивает ее монолитность, увеличивает прочность при сжатии, растяжении, изгибе и срезе. Эти напряжения могут возникнуть при равномерном обжатии кладки, при неравномерной осадке фундаментов, температурных деформациях, а также при строительстве в сейсмических районах.

Прочность сцепления кладки оценивалась пределом прочности элементов кладки при осевом растяжении, определяемом испытанием на разрыв образцов-двоек. Изготовление образцов, испытание и обработка результатов производилось в соответствии с требованиями ГОСТ 24992-2014 «Конструкции каменные. Метод определения прочности сцепления в каменной кладке».

Для изготовления образцов-двоек из ячеистобетонных блоков выпиливались кубы с размером ребра 125 - 130 мм. Кубы соединялись попарно швами из клей-пены. Швы образцов-двоек выполнялись такой же толщины, как и в образцах кладки для испытания на сжатие. На примыкающих к шву гранях образцов-двоек были предусмотрены пазы, необходимые для установки захватных приспособлений.

Всего для проведения испытаний кладки на нормальное сцепление ячеистого бетона с клей-пенной было изготовлено 6 образцов-двоек. Фотография образцов, подготовленных к испытаниям, приведена на рис. 15.

Изготовленные образцы хранились в помещении в течение 28 дней.

Испытания выполнялись на универсальной машине Schopper мощностью 1 тс. Образцы помещались в специальные захватные приспособления, позволяющие передавать усилие растяжения на шов. Испытания проводились при статическом нагружении с постоянной скоростью роста нагрузок до разрыва образца. В ходе испытаний для каждого образца фиксировались величина предельной нагрузки, характер разрушения кладки, а также определялась фактическая площадь контакта ячеистого бетона с клей-пенной с точностью до 1 см².

Процесс испытаний образцов кладки на нормальное сцепление показан на рис. 16, фотография образцов после проведения испытаний приведена на рис. 17.

Предел прочности нормального сцепления при осевом растяжении образца P_t^H вычислялся по формуле:

$$P_t^H = \frac{F}{A},$$

где P_t^H - предел прочности сцепления кладочных элементов со связующим в возрасте t сут;

F – величина отрывающей нагрузки при отрыве кладочного элемента;

A – площадь отрыва.

Поскольку при изготовлении образцов не удалось добиться заполнения клей-пенной всей поверхности шва с сохранением его требуемой толщины, обработка результатов велась с учетом фактической площади отрыва для каждого образца.

Средняя прочность сцепления вычислялась с погрешностью до 0,01 МПа как среднеарифметическое значение результатов испытаний.

Данные испытаний и результаты их обработки с характеристиками площадки отрыва показаны в табл. 3. Образец №4 был отбракован из-за наличия дефектов.

табл. 3

Результаты определения величины нормального сцепления ячеистого бетона с клей-пенной

Номер образца	Величина отрывающей нагрузки, кН	Длина площадки отрыва, см	Ширина площадки отрыва, см	Площадь отрыва, см ²	Поправочный коэфф. K_t	Предельная прочность сцепления, кПа		Характеристика площади отрыва		
						частное значение	среднее значение	по контакту, %	по клей-пене, %	по ячеистому бетону, %
1	2,38	7,5	10,0	75,0	1	318		85	10	5
2	1,69	6,6	7,7	50,6	1	333		95	5	0
3	2,65	9,2	10,0	72,4	1	366		80	15	5
4	1,47	6,0	10,9	65,4	1	брак		60	20	20
5	3,05	9,0	10,0	90,0	1	339		85	10	5
6	1,61	9,0	7,0	63,0	1	255	322	75	20	5

По результатам проведенных испытаний образцов установлено, что среднее значение предела прочности нормального сцепления в кладке из ячеистого бетона с клей-пенной «ТЕХНОНИКОЛЬ» составляет 322 кПа (3,29 кгс/см²).

Данное значение получено из расчета заполнения связующим всей площади поперечного сечения образца и при расчетах кладки может использоваться без корректировки только для случая сплошного заполнения клей-пенной всей поверхности горизонтальных швов кладки. Однако при возведении строительных конструкций клей-пена укладывается отдельными полосами, число которых подбирается исходя из минимального горизонтального размера конструкции, и для стен толщиной 200 мм может составлять 2 и 3 полосы.

Таким образом, полученное при испытании значение нормального сцепления требует корректировки на величину доли горизонтального шва кладки, заполненной клей-пенной, то есть в зависимости от отношения общей ширины полос клей-пенны к толщине стены.

При выполнении шва двухполосным в стене толщиной 200 мм площадь контакта клей-пенны с ячеистым бетоном составит около 0,3 площади поперечного сечения стены, при трехполосном шве 0,45.

Тогда средняя предельная прочность нормального сцепления в кладке из ячеистого бетона с клей-пенной «ТЕХНОНИКОЛЬ» при толщине стены 200 мм составит:

- для двухполосного шва 96,6 кПа (0,986 кгс/см²);
- для трехполосного шва 144,9 кПа (1,479 кгс/см²).

Таким образом, в соответствии с требованиями п. 6.14.5 СП 14.13330.2014 «СНиП II-7-81* Строительство в сейсмических районах» по временному сопротивлению осевому растяжению по неперевязанным швам (нормальное сцепление) кладка стены толщиной 200 мм из ячеистого бетона с клей-пенной «ТЕХНОНИКОЛЬ», уложенной тремя полосами (заполнение 45% площади поперечного сечения), соответствуют кладке II категории (≥ 120 кПа). При укладке клей-пенны двумя полосами величина временного сопротивления осевому растяжению по неперевязанным швам ниже требуемой для кладки II категории.

ООО «ТехноНИКОЛЬ- Строительные системы»	ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МАТЕРИАЛОВ	ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко
--	--	------------------------------

3. ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЧНОСТИ И ДЕФОРМАТИВНОСТИ ПРИ ЦЕНТРАЛЬНОМ СЖАТИИ КЛАДКИ, ВЫПОЛНЕННОЙ ИЗ ЯЧЕИСТОГО БЕТОНА НА СТРОИТЕЛЬНОЙ КЛЕЙ-ПЕНЕ «ТЕХНОНИКОЛЬ»

3.1. Опытные образцы кладки и методика испытаний

С целью получения экспериментальных данных о прочностных и деформационных характеристиках кладки из ячеистобетонных блоков на клей-пене в рамках работы были проведены испытания в прессе при центральном сжатии контрольных образцов кладки. Изготовление образцов, их испытание, а также обработка полученных результатов проводились в соответствии с требованиями ГОСТ 32047-2012 «Кладка каменная. Метод испытания на сжатие».

Для изготовления образцов Заказчиком были предоставлены следующие материалы:

- ячеистобетонные блоки Ytong D500 полнотелые, без пазогребневого соединения, следующих размеров: длина – 625 мм, толщина – 200 мм, высота – 250 мм;
- клей-пена «ТЕХНОНИКОЛЬ» для газобетонных блоков и кладки, представляющая собой готовый к применению однокомпонентный профессиональный полиуретановый клей в аэрозольной упаковке.

В конструкции образцов использовались блоки без видимых дефектов, с ровной поверхностью, без искривления ребер и граней. Отклонения в размерах блоков не превышали установленных ГОСТ 21520-89 «Блоки из ячеистых бетонов стеновые мелкие. Технические условия».

В соответствии с техническим заданием было выполнено испытание трех образцов кладки на сжатие перпендикулярно горизонтальным швам.

Опытные образцы представляли собой фрагменты стен размером в плане 94 x 20 см, высотой 101 см. Конструкция и схема перевязки образцов соответствовали применяемому в реальном строительстве. Горизонтальные и вертикальные швы кладки выполнялись в форме двух полос суммарной шириной около 6 см. Размеры образцов были приняты в соответствии с требованиями табл. 2 ГОСТ 21520-89. Фотографии образцов кладки до проведения испытаний приведены на титульном листе заключения и на рис. 4.

Образцы изготавливались в вертикальном положении в следующем порядке:

- установка поддона с фрезерованной поверхностью на плоскую поверхность с выравниванием по уровню;
- приготовление кладочного цементно-песчаного раствора;
- укладка выравнивающего слоя раствора толщиной 10 – 20 мм;
- установка блоков первого опорного ряда кладки с выставлением их точно по уровню в продольном и поперечном направлениях, с тщательным контролем горизонтальности поверхности постели и отсутствия перекосов;
- установка последующих рядов кладки на клей-пену;
- устройство верхнего выравнивающего слоя раствора с установкой металлической пластины.

Образцы испытывали после 21 - 27 дней выдержки в помещении при положительной температуре.

Перед началом испытаний измерялись линейные размеры образцов с точностью до 1 мм. Площадь поперечного сечения образца определялась по средним арифметическим значениям трех измерений: верха, низа и середины каждой грани.

Все обнаруженные дефекты на поверхности образцов, такие как раковины, сколы и т.п., отмечались линией с пунктиром.

3.2. Проведение испытаний

Опытные образцы кладки испытывали на центральное сжатие равномерно распределенной нагрузкой.

Испытание образцов кладки проводилось в гидравлическом прессе MAN-500 мощностью 500 тс.

Для контроля продольных деформаций кладки по центральным вертикальным осям боковых граней образцов устанавливались индикаторы часового типа (мессуры). Образец с установленными приборами показан на рис. 5. Модификация индикатора ИЧ-10.000 ПС по ГОСТ557-68, класс точности -1. Цена деления шкалы мессур 0,01 мм. Диапазон измерений смещений (величина хода штока мессуры) 10 мм.

Перед испытанием образец центрировался в прессе так, чтобы ось приложения нагрузки совпадала с его вертикальной геометрической осью. Процесс испытания натурального образца кладки показан на рис. 6.

Передача нагрузки на образец производилась этапами. После приложения очередного этапа нагружения производилась выдержка при постоянной нагрузке в течение 1 – 3 минут, необходимая для стабилизации деформаций. Во время выдержки снимались показания приборов, выполнялся осмотр образца с фиксацией обнаруженных трещин и их развития. После стабилизации деформаций повторно снимались показания приборов и производился следующий этап нагружения. За разрушающую нагрузку принималась максимально достигнутая нагрузка, при которой попытка ее увеличения приводила лишь к увеличению показаний мессур без увеличения значения нагрузки или при ее снижении. Испытания продолжались до полного разрушения образца.

Ступени нагружения составляли 5 тонн, т.е. около 10% от ожидаемой величины разрушаемой нагрузки, и подбирались таким образом, чтобы разрушение образца происходило через 15 - 30 минут после начала испытаний. В начале нагружения образцов величина шага приложения нагрузки была принята равной 2,5 тоннам с тем, чтобы получить более полные сведения о начальном этапе деформирования кладки на клей-пене.

В ходе испытаний фиксировалась нагрузка образования первых трещин и разрушающая нагрузка.

При испытании образцов кладки на сжатие первые трещины появились при нагрузке 0,19 – 0,26 от разрушающей нагрузки при напряжениях 0,396 – 0,657 Н/мм² (4,0 - 6,7 кгс/см²). Трещины возникали в отдельных блоках как против вертикальных швов блоков соседних рядов, так и в зонах без видимых концентраторов напряжений. Увеличение нагрузки приводило к постепенному развитию трещин в вертикальном направлении, образованию новых и смыканию старых трещин, как на лицевых, так и на торцевых гранях образцов. Разрушение образцов происходило при напряжениях в кладке 2,100 – 2,507 Н/мм² (21,4 – 25,6 кгс/см²) и сопровождалось активным развитием на торцевых гранях вертикальных трещин. Характер разрушения кладки образцов показан на рис. 7 - рис. 11 и рис. 18 - рис. 20.

Показания приборов и результаты их обработки, полученные при испытании на сжатие образцов из ячеистого бетона на клей-пене, приведены в табл. 4 - табл. 6. Диаграммы деформирования образцов кладки под нагрузкой, иллюстрирующие зависимости между усилиями и относительными деформациями, показаны на графиках рис. 1 - рис. 3.

Результаты испытания образца кладки из ячеистобетонных блоков на клей-пене

Метка образца О1

Нагрузка, тс	N/Np	M1= 67,0		Относит. деформ.	M2= 68,5		Относит. деформ.	M3= 68,0		Относит. деформ.	M4= 68,1		Относит. деформ.	Среднее
		I	II		I	II		I	II		I	II		
0,0	0	2000		0	2000		0	2000		0	2000		0	0,0
2,5	0,06	2560	2590	8,8	1900	1910	-1,3	2500	2600	8,8	3300	3390	20,4	9,2
5,0	0,13	2870	2930	13,9	2020	2030	0,4	3010	3070	15,7	3880	3990	29,2	14,8
7,5	0,19	3110	3170	17,5	2110	2130	1,9	3340	3380	20,3	4290	4350	34,5	18,5
10,0	0,25	3320	3380	20,6	2180	2210	3,1	3590	3640	24,1	4520	4550	37,4	21,3
12,5	0,31	3450	3490	22,2	2260	2280	4,1	3740	3790	26,3	4650	4680	39,4	23,0
15,0	0,38	3570	3620	24,2	2340	2330	4,8	3900	3960	28,8	4770	4780	40,8	24,7
20,0	0,50	3740	3770	26,4	2410	2410	6,0	4110	4140	31,5	4890	4910	42,7	26,7
25,0	0,63	3870	3900	28,4	2460	2490	7,2	4260	4280	33,5	5020	5040	44,6	28,4
30,0	0,75	4000	4020	30,1	2560	2570	8,3	4410	4430	35,7	5150	5160	46,4	30,2
35,0	0,88	4100	4140	31,9	2630	2630	9,2	4500	4520	37,1	5240	5250	47,7	31,5
40,0	1,00	4310	4350	35,1	2620	2610	8,9	4600	4610	38,4		5360	49,3	32,9

Площадь сечения 1867 см²

$F_{1гр} = 9,8$ тс.

$R_{1гр} = 5,2$ кгс/см²

$F_{max} = 40,0$ тс

$R_{max} = 21,4$ кгс/см²

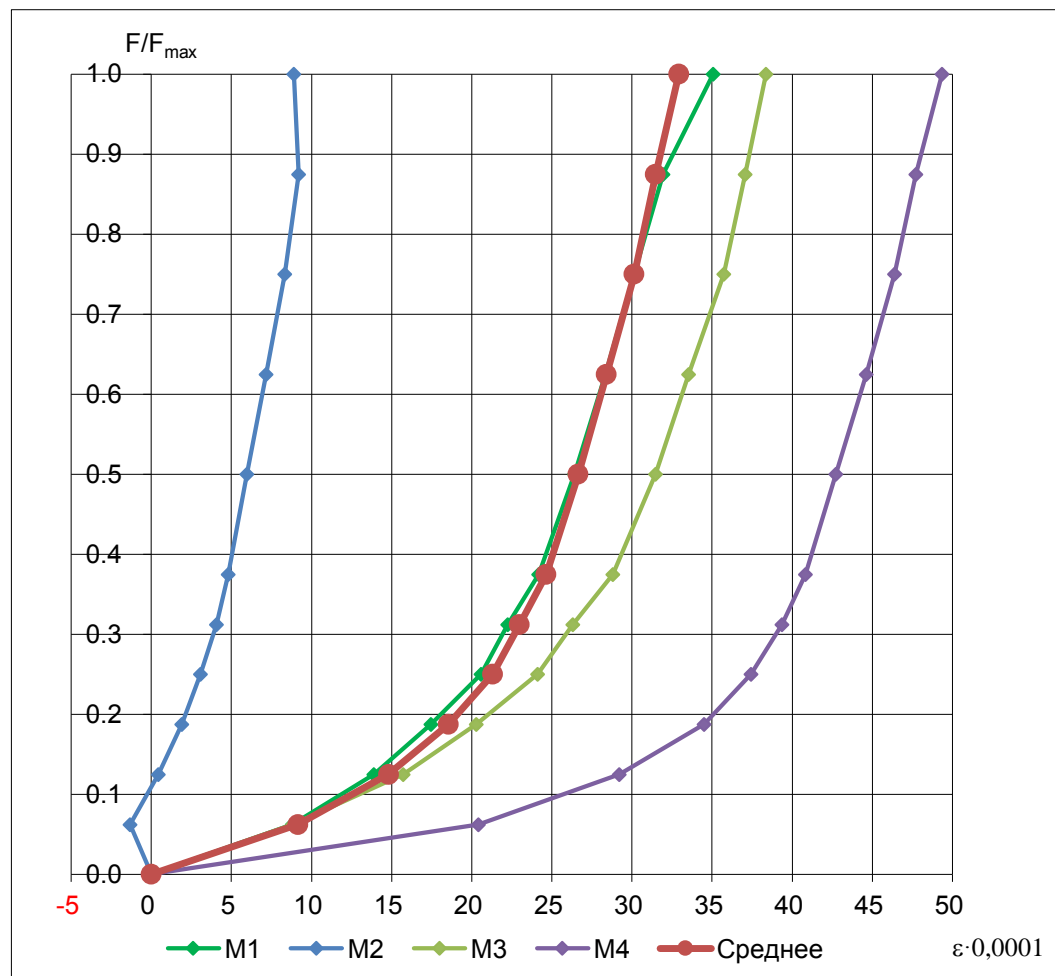


рис. 1. Относительные деформации образца О-1 при испытании на сжатие

Результаты испытания образца кладки из ячеистобетонных блоков на клей-пене

Метка образца О2

Нагрузка, тс	N/Np	M1= 68,3		Относит. деформ.	M2= 68,0		Относит. деформ.	M3= 68,6		Относит. деформ.	M4= 68,8		Относит. деформ.	Среднее
		I	II		I	II		I	II		I	II		
0,0	0	2000		0	2000		0	2000		0	2000		0	0,0
2,5	0,06	2230	2290	4,2	2050	2050	0,7	2075	2090	1,3	2070	2080	1,2	1,9
5,0	0,13	2550	2610	8,9	2290	2360	5,3	2380	2450	6,6	2140	2160	2,3	5,8
7,5	0,19	2880	2990	14,5	2580	2620	9,1	2870	3010	14,7	2220	2250	3,6	10,5
10,0	0,25	3140	3185	17,3	2730	2780	11,5	3190	3250	18,2	2340	2370	5,4	13,1
12,5	0,31	3330	3365	20,0	2870	2910	13,4	3410	3450	21,1	2490	2520	7,6	15,5
15,0	0,38	3490	3550	22,7	3000	3015	14,9	3610	3640	23,9	2620	2655	9,5	17,8
20,0	0,50	3840	3880	27,5	3110	3120	16,5	3825	3830	26,7	2780	2790	11,5	20,5
25,0	0,63	4180	4270	33,2	3110	3110	16,3	3900	3940	28,3	2830	2840	12,2	22,5
30,0	0,75	5130	5380	49,5	3360	3470	21,6	5010	5100	45,2	2910	2930	13,5	32,5

Площадь сечения 1857 см²

F_{1гр}= 7,5 тс.

R_{1гр}= 4,0 кгс/см²

F_{max}= 40,0 тс

R_{max}= 21,5 кгс/см²

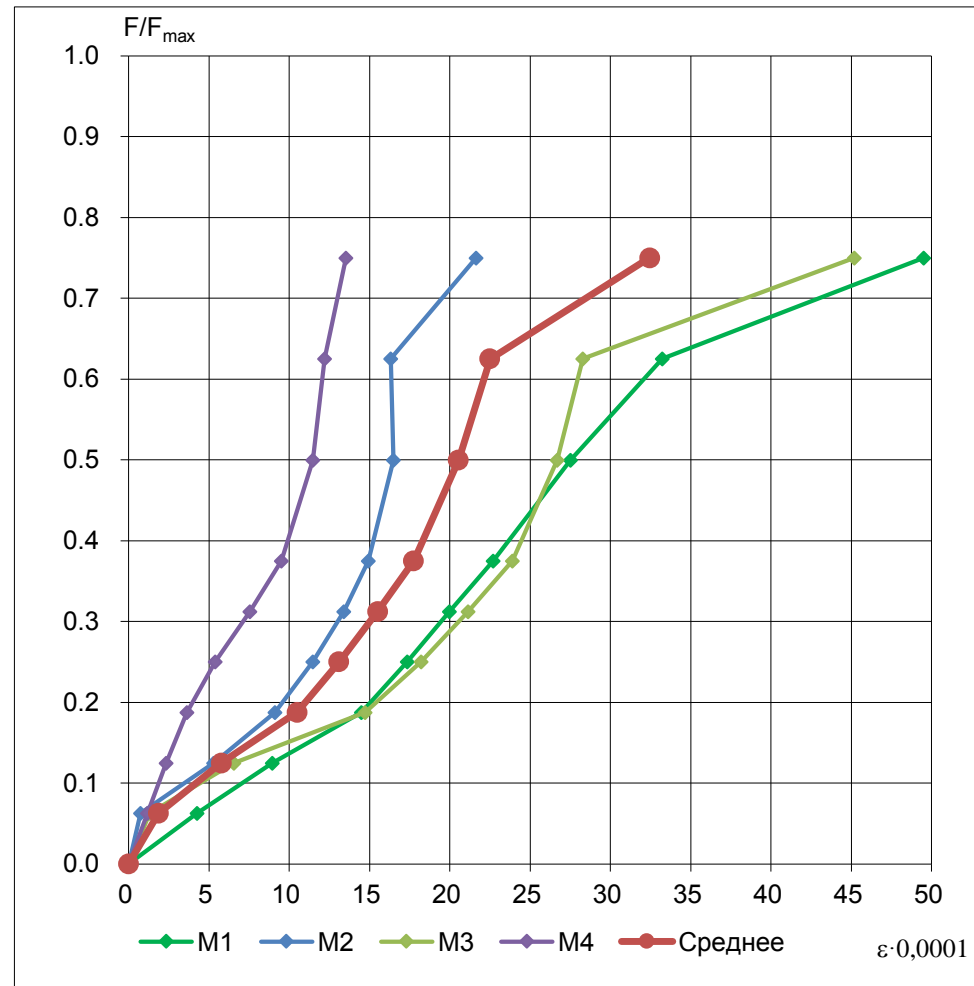


рис. 2. Относительные деформации образца O-2 при испытании на сжатие

Результаты испытания образца кладки из ячеистобетонных блоков на клей-пене

Метка образца ОЗ

Нагрузка, тс	N/Np	M1= 68,2		Относит. деформ.	M2= 69,0		Относит. деформ.	M3= 68,0		Относит. деформ.	M4= 68,0		Относит. деформ.	Среднее
		I	II		I	II		I	II		I	II		
0,0	0	2000		0	2000		0	2000		0	2000		0	0,0
2,5	0,05	2140	2140	2,1	2150	2150	2,2	2150	2150	2,2	2140	2140	2,1	2,1
5,0	0,10	2580	2620	9,1	2570	2690	10,0	2210	2270	4,0	2610	2690	10,1	8,3
7,5	0,16	2840	2875	12,8	3060	3205	17,5	2420	2490	7,2	2910	3020	15,0	13,1
10,0	0,21	3035	3080	15,8	3450	3510	21,9	2600	2630	9,3				15,7
12,5	0,26	3220	3250	18,3	3670	3705	24,7	2770	2800	11,8				18,3
15,0	0,31	3380	3420	20,8	3830	3840	26,7	2905	2950	14,0				20,5
20,0	0,42	3760	3785	26,2	3950	3960	28,4	3160	3180	17,4				24,0
25,0	0,52	3930	3950	28,6	4100	4130	30,9	3350	3350	19,9				26,4
30,0	0,63	4260	4340	34,3	4170	4180	31,6	3550	3590	23,4				29,8
35,0	0,73	4530	4750	40,3				3710	3710	25,1				32,7

Площадь сечения 1865 см²

$F_{1гр} = 12,5$ тс.

$R_{1гр} = 6,7$ кгс/см²

$F_{max} = 47,7$ тс

$R_{max} = 25,6$ кгс/см²

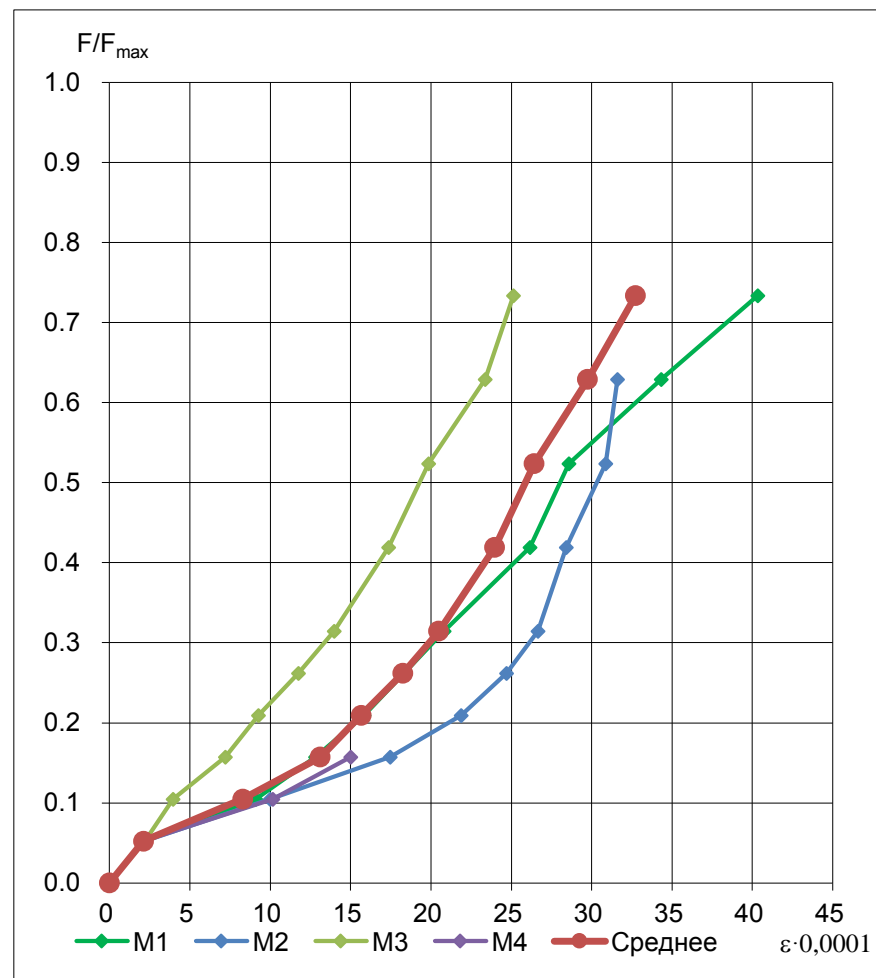


рис. 3. Относительные деформации образца О-3 при испытании на сжатие

3.3. Обработка результатов испытаний

Прочность при сжатии отдельного образца R_i в соответствии с п 10.1 ГОСТ 32047-2012 определялась по формуле:

$$R_i = \frac{F_{i,\max}}{A_i},$$

где $F_{i,\max}$ - максимальная нагрузка, которую выдерживает отдельный образец кладки;
 A_i – площадь поперечного сечения отдельного образца кладки, перпендикулярного направлению нагрузки, прикладываемой при его испытании.

Модуль упругости кладки каждого образца E_i вычислялся в соответствии с п 10.2 ГОСТ 32047-2012 как отношение значения напряжений в сечении образца к среднему значению его относительной деформации, определенному по показаниям четырех вертикально расположенных приборов при значении нагрузки, соответствующем 1/3 разрушающей, по формуле:

$$E_i = \frac{F_{i,\max}}{3 \varepsilon_3 A_i}$$

Относительная деформация по показаниям каждого прибора ε_i определялась с точностью до 10^{-5} как отношение разницы показаний прибора на каждом этапе Δ_i , и при нулевом значении нагрузки Δ_0 к расстоянию между точками крепления прибора b по формуле:

$$\varepsilon_i = \frac{\Delta_i - \Delta_0}{b}$$

Значение относительной деформации при нагрузке, равной 1/3 разрушающей, определялось по соседним значениям относительных деформаций на этапах со значениями нагрузок, наиболее близких к 1/3 разрушающей, методом линейной интерполяции. По значениям относительных деформаций, определенным по показаниям каждого из четырех приборов, определялось среднее значение относительной деформации ε_3 .

В табл. 7 сведены основные данные по геометрическим размерам и площади поперечного сечения образцов, разрушающей нагрузке и нагрузке образования первых трещин, средней относительной деформации при различных долях нагрузки от разрушающей. В таблице также представлены результаты расчета частных и среднего значений предела прочности кладки образцов, нормативного значения прочности кладки, напряжений, при которых в кладке возникли первые трещины, частных и среднего значения модуля деформаций кладки и упругой характеристики.

По результатам проведенных испытаний образцов кладки из ячеистого бетона на клей-пене «ТехноНИКОЛЬ» установлено следующее:

1. В ходе испытаний появление первых трещин было зафиксировано в среднем при нагрузке 0,23 от разрушающей.
2. Средняя величина предела прочности кладки при сжатии $R_u = 2,239 \text{ Н/мм}^2$ ($22,85 \text{ кгс/см}^2$). Тогда расчетное сопротивление данного вида кладки сжатию при заполнении вертикальных швов клей-пеной составит:

$$R = \frac{R_u}{k} = \frac{22,85}{2,2} = 10,39 \text{ кгс/см}^2 = 1,018 \text{ Н/мм}^2;$$

где: k – коэффициент, принимаемый по табл. 15 СП 15.13330.2012.

Таким образом, расчетное сопротивление сжатию кладки из ячеистого бетона на клей-пене может с некоторым запасом приниматься по табл. 3 СП 15.13330.2012 для марки раствора М25, при этом должен учитываться коэффициент $\gamma_c = 0,8$ (п. 6.12 СП 15.13330.2012).

3. Кладка из ячеистобетонных блоков на клей-пене обладает повышенной деформативностью по сравнению с традиционными видами кладок. По результатам испытаний средняя величина модуля деформаций составила $373,5 \text{ Н/мм}^2$ (3812 кгс/см^2), средняя величина упругой характеристики кладки 167.

4. Столь раннее образование трещин и высокая деформативность накладывает некоторые ограничения на использование кладки на клей-пене в конструкциях зданий, поскольку данные факторы следует принимать во внимание при выборе сроков отделки стен и перегородок.

табл. 7

Результаты испытаний опытных образцов кладки из ячеистобетонных блоков на строительной клей-пене «ТЕХНОНИКОЛЬ» на сжатие

Метка образца	Размеры образца, мм	Площадь, А, см ²	Нагрузка, тс		$\frac{F_{1тр}}{F_{max}}$	Среднее	Предел прочности кладки, кгс/см ² (Н/мм ²)		
			F _{1тр}	F _{max}			R _{1тр}	R _i	R _u
Класс ячеистого бетона блоков В2,5									
O1	938x199x1015	1867	9,8	40,0	0,24	0,23	5,22 (0,512)	21,43 (2,100)	22,85 (2,239)
O2	938x198x1013	1857	7,5	40,0	0,19		4,04 (0,396)	21,54 (2,111)	
O3	937x199x1015	1865	12,5	47,7	0,26		6,70 (0,657)	25,58 (2,507)	
Метка образца	Предел прочности кладки, R _i , кгс/см ² (МПа)	Средние относительные деформации, $\varepsilon \cdot 10^{-4}$, при				Начальный модуль деформаций, E ₀ , кгс/см ²		Упругая характеристика кладки, α	
		0,2 σ	0,33 σ	0,5 σ	0,8 σ	частное	среднее	частное	среднее
Класс ячеистого бетона блоков В2,5									
O1	21,43 (2,100)	19,09	23,47	26,65	30,68	2245 3014	3174 3812	105 141	139 167
O2	21,54 (2,111)	11,01	16,14	20,54		3911 4402		182 204	
O3	25,58 (2,507)	15,19	21,00	25,87		3367 4019		132 157	
Примечание: Выше косой черты указаны значения характеристик деформативности для нагрузки величиной 0,2 F _{max} , ниже косой черты – для нагрузки величиной 0,33 F _{max} .									
ООО «ТехноНИКОЛЬ-Строительные системы»		ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЧНОСТИ И ДЕФОРМАТИВНОСТИ КЛАДКИ				ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко			

4. ТРЕБОВАНИЯ К РАСЧЕТУ СТЕН ЗДАНИЙ, ВЫПОЛНЕННЫХ НА СТРОИТЕЛЬНОЙ КЛЕЙ-ПЕНЕ «ТЕХНОНИКОЛЬ»

4.1. Расчет несущей способности стен, возведенных с использованием в качестве связующего клей-пены

4.1.1. Расчет элементов стен, перегородок и узлов опирания из ячеистобетонных блоков по предельным состояниям первой (по несущей способности) и второй (по образованию и раскрытию трещин и по деформациям) групп рекомендуется производить в соответствии с требованиями СП 15.13330.2012 «Каменные и армокаменные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-22-81*».

4.1.2. Результаты проведенных испытаний показали, что при определении прочности кладки из ячеистобетонных блоков на клей-пене прочность кладки (до получения статически обоснованных экспериментальных данных) может определяться по таблице 3 СП 15.13330.2012 как для раствора М25 с учетом коэффициента условий работы γ_c , принимаемого в соответствии с п. 6.12 СП 15.13330.2012.

4.1.3. Исходной характеристикой при определении расчетных сопротивлений кладки является ее средний предел прочности при сжатии при заданных физико-механических характеристиках блоков и клей-пены и при качестве кладки, соответствующей практике массового строительства. Временное сопротивление (ожидаемый предел прочности) сжатию кладки устанавливается согласно средним значениям, полученным при испытании образцов кладки в соответствии с требованиями ГОСТ 32047-2012 «Кладка каменная. Методы испытания на сжатие».

4.2. Конструктивные решения стен зданий, выполненных на строительной клей-пене «ТЕХНОНИКОЛЬ»

4.2.1. В качестве ограждающих конструкций в здании могут применяться несущие и навесные стены следующих типов:

Тип 1 – стена с внутренним слоем из автоклавных ячеистобетонных блоков на клей-пене или других изделий с наружной теплоизоляцией и тонкослойной штукатуркой.

Тип 2 – однослойная стена из автоклавных ячеистобетонных блоков на клей-пене, оштукатуренная с двух сторон.

Тип 3 – стены на клей-пене ненесущие многоэтажных зданий с навесными фасадными системами (при использовании автоклавных ячеистобетонных блоков крепление фасадной стены осуществляется к торцам перекрытия).

Тип 4 – стена трехслойная со средним слоем из эффективного утеплителя и с наружным слоем из лицевого кирпича на цементно-песчаном растворе. Внутренний слой - из силикатных крупноформатных блоков на клей-пене. Наружный слой крепится гибкими связями к внутреннему с помощью рым болтов.

Тип 5 – стена из трехслойных бетонных блоков типа «Теплостен» на клей-пене.

4.2.2. Для несущих стен на клей-пене используются все типы, кроме типа 3. Толщина стен определяется расчетом в зависимости от передаваемой на них нагрузки и предъявляемых теплотехнических требований.

4.2.3. Глубину заделки перемычек в кладку из ячеистобетонных блоков следует назначать не менее 250 мм.

4.2.4. Проектирование столбов из ячеистобетонных блоков не допускается.

4.2.5. Минимальные размеры (ширина) простенков в навесных стенах из ячеистобетонных блоков и в несущих стенах зданий до двух этажей составляют 600 мм.

4.3. Указания по возведению кладки на строительной клей-пене «ТЕХНОНИКОЛЬ» из кладочных изделий с гладкой поверхностью

4.3.1. При возведении стен зданий на клей-пене следует руководствоваться СП 70.13330.2012 «Несущие и ограждающие конструкции. Актуализированная редакция СНиП 3.03.01-87» и СТО НОСТРОЙ 2.9.136-2013 «Строительные конструкции зданий и сооружений. Устройство конструкций с применением изделий и армированных элементов из ячеистых бетонов автоклавного твердения. Правила, контроль выполнения и требования к результатам работ, рекомендации по применению».

4.3.2. Качество тонкошовной кладки из изделий с гладкой поверхностью в значительной степени зависит от качества кладки первого контрольного ряда, укладка которого производится на цементно-песчаном растворе марки М150 и должна выполняться особенно тщательно.

4.3.3. Кладку рекомендуется начинать с углов здания, рядами по всему периметру. Необходимо следить за правильностью высоты рядов с самого начала ведения кладки с помощью натянутого шнура – причалки, горизонтального и вертикального уровней.

4.3.4. По окончании каждого ряда необходимо проконтролировать его горизонтальность и плоскостность. Для устранения местных неровностей, вызванных дефектами поверхности блоков, разницей их геометрических размеров в пределах допускаемых значений и тому подобное, производится выравнивание плоскости кладки с использованием рубанка или шлифовальной машинки.

4.3.5. При возведении стен зданий толщиной в 1 камень допускается перевязка кладки со смещением вертикальных швов в $\frac{1}{2}$ блока и не менее 0,4 Н (где Н – высота ряда).

4.3.6. Кладку из блоков выполняют с горизонтальными швами из клей-пены. Вертикальные швы допускается выполнять как с клей-пенной, так и с соединением блоков паз-гребень.

4.3.7. Величина опорной зоны плит перекрытия на кладку должна составлять не менее 120 мм, плиты необходимо укладывать по слою цементно-песчаного раствора марки не менее М50 толщиной 15 мм, при необходимости устройства выравнивающего слоя при несовпадении порядовки каменной кладки и отметки перекрытия – толщиной не более 45 мм (в пределах допусков). Слой раствора необходимо армировать сеткой оцинкованной с ячейками 40x40 мм (арматура – Ø3В1) на всю ширину стены. Под зоной опирания деревянных балок должна быть предусмотрена металлическая распределяющая пластина по слою цементно-песчаного раствора марки не менее М50 толщиной 15 мм.

4.3.8. Кладка на клей-пене обладает значительно более высокой деформативностью, чем традиционные виды кладки. Первые трещины образуются при небольших нагрузках (0,23 от разрушающей). Эти факторы следует принимать во внимание при проектировании несущих конструкций, а также при выборе сроков и способов отделки несущих стен и перегородок из кладки данного вида.

Отделочные слои по поверхности несущих стен и участков их сопряжений с перегородками следует выполнять после окончания процесса активного деформирования и осадок здания, происходящих в течение года и более после его строительства.

Правила проектирования конструкций из ячеистых бетонов приведены в СП 339.1325800.2017.

4.3.9. При производстве работ следует соблюдать требования безопасности и охраны окружающей среды:

- необходимо защищать баллоны от прямых солнечных лучей, поскольку они находятся под давлением;
- баллоны необходимо хранить вдали от источников огня, курить вблизи баллонов запрещается;
- работы должны производиться на открытом воздухе, либо в хорошо вентилируемых помещениях в масках с газовым фильтром.

Правила, контроль выполнения и требования к результатам работ при возведении кладки из ячеистобетонных изделий приведены в СТО НОСТРОЙ 2.9.136-2013.

4.4. Теплотехнические свойства стен из ячеистобетонных блоков

4.4.1. Наружные стены зданий с нормируемой температурой внутреннего воздуха должны отвечать требованиям СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003» по сопротивлению теплопередаче, паропроницаемости и воздухопроницаемости.

4.5. Пример расчета однослойной наружной стены из автоклавных ячеистобетонных блоков на клей-пене на внецентренное сжатие

4.5.1. Материал стены:

- Автоклавный ячеистый бетон.
- Марка по средней плотности D500, класс по прочности на сжатие B2,5
- Полиуретановая строительная клей-пена «ТЕХНОНИКОЛЬ»

Район строительства – г. Москва

Основные расчетные данные:

- Высота этажа – 3,0 м
- Количество этажей – 2
- Высота здания от пола 1-го этажа до верхней отметки парапета – 7,0 м
- Расстояние между осями смежных проемов – 3,0 м
- Ширина простенков – 1,0 м
- Высота проема – 1,7 м
- Стены – однослойные, толщиной 400 мм
- Расстояние между продольными стенами – 4,0 м
- Перекрытия деревянные по металлическим балкам.

4.5.2. Нагрузки:

- Постоянные расчетные нагрузки от веса перекрытия, пола и перегородок:
 $R=350 \text{ кгс/м}^2 = 3,5 \text{ кН/м}^2$

- Полезная расчетная нагрузка на перекрытие:

$$Q=150 \times 1,3 = 195 \text{ кгс/м}^2 = 1,95 \text{ кН/м}^2$$

- Постоянные расчетные нагрузки от веса чердачного перекрытия:

$$R=170 \text{ кгс/м}^2 = 1,7 \text{ кН/м}^2$$

- Полезная расчетная нагрузка на чердачное перекрытие:

$$Q=70 \times 1,3 = 91 \text{ кгс/м}^2 = 0,91 \text{ кН/м}^2$$

- Постоянную нагрузку от конструкций покрытия принимаем равной:

$$R = 161 \text{ кгс/м}^2 = 1,61 \text{ кН/м}^2$$

Расчетная величина снеговой нагрузки в соответствии с п. 10 СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*» равна $150 \times 1,4 = 210 \text{ кгс/м}^2 = 2,10 \text{ кН/м}^2$

Величины и состав нагрузок следует уточнять исходя из условий, принятых в каждом конкретном расчете.

4.5.3. Сбор нагрузок

Нагрузка на простенок 1-го этажа

Вес кладки одного этажа за вычетом оконных проемов:

$$R_1 = 575 \times 1,1 \times (3 \times 3 - 2,0 \times 1,7) \times 0,4 = 1416,8 \text{ кгс} = 14,17 \text{ кН},$$

где: 575 кг/м^3 – объемный вес кладки;

1,1 – коэффициент условий работы.

Нагрузка от перекрытия этажа:

$$P_2 = (350 + 195) \times 3 \times 2 = 3270 \text{ кгс} = 32,70 \text{ кН.}$$

Нагрузка от чердачного перекрытия:

$$P_3 = (170 + 91) \times 3 \times 2 = 1566 \text{ кгс} = 15,66 \text{ кН.}$$

Нагрузка от покрытия:

$$P_4 = (161 + 210) \times 3 \times 4 = 4452 \text{ кгс} = 44,52 \text{ кН.}$$

Суммарная нагрузка от 2-х этажей:

$$P = P_1 \times 2 + P_2 + P_3 + P_4 = 1416,8 \times 2 + 3270 + 1566 + 4452 = 12121,6 \text{ кгс} = 121,21 \text{ кН.}$$

Вес чердачного участка стены плотностью 1400 кг/м^3 :

$$P_4 = 1400 \times 1,1 \times 0,8 \times 3 \times 0,38 = 1404,5 \text{ кгс} = 14,05 \text{ кН.}$$

Вес кладки ниже уровня подоконника 1-го этажа (расчетное сечение):

$$P_5 = 575 \times 1,1 \times 3 \times 0,4 \times 0,8 = 607,2 \text{ кгс} = 6,07 \text{ кН.}$$

С учетом нагрузки от парапета

$$P = 12121,6 + 1404,5 - 607,2 = 12918,9 \text{ кгс} = 129,19 \text{ кН.}$$

4.5.4. Расчет внецентренно сжатого неармированного простенка проводим по формуле 13 СП 15.13330.2012

$$N \leq m_g \varphi_1 R A_c \omega,$$

где: m_g – коэффициент, учитывающий влияние прогиба сжатых элементов на их несущую способность при длительно действующей нагрузке;

φ_1 – коэффициент продольного изгиба;

R – расчетное сопротивление кладки сжатию;

A_c – площадь сжатой части сечения;

ω – коэффициент, определяемый по таблице 20 СП 15.13330.2012.

Рассчитываем эксцентриситет расчетной силы относительно центра тяжести сечения.

При опирании одного перекрытия весом $P_2 = 4,905 \text{ тс} = 49,05 \text{ кН}$ на глубину $0,13 \text{ м}$ момент от действия перекрытия будет равен:

$$M = 3,270 \times (0,4 / 2 - 0,13 / 3) = 0,512 \text{ тс м} = 5,12 \text{ кН м.}$$

Эксцентриситет действия силы будет равен:

$$e_0 = 5,12 / 129,19 = 0,040 \text{ м.}$$

Площадь сечения сжатой зоны простенка:

$$A_c = A (1 - 2 e_0 / h) = 40 \times 100 (1 - (2 \times 4,0) / 40) = 3207 \text{ см}^2.$$

где 100 – ширина простенка в см.

Рассчитываем гибкость несущего слоя простенка для всего сечения и для сжатой части сечения:

$$\lambda = 3,0 / 0,4 = 7,5; \quad \lambda_c = 3,0 / 0,321 = 9,35.$$

Коэффициент продольного изгиба определяем по табл. 19 СП 15.13330.2012 для упругой характеристики кладки $\alpha = 167$ (табл. 16 СП 15.13330.2012)

$$\varphi_1 = (\varphi + \varphi_2) / 2 = (0,676 + 0,577) / 2 = 0,626.$$

Коэффициент ω определяем по таблице 20, п. 2

$$\omega = 1,0.$$

Расчетное сопротивление кладки определяем по табл. 3 СП 15.13330.2012.

Для бетона класса В 2,5 на растворе марки М25

$$R = 0,95 \text{ МПа.}$$

С учетом коэффициента условий работы $\gamma_c = 0,8$ расчетное сопротивление кладки равно $0,76 \text{ МПа}$.

При этих значениях

$$N = 1 \times 0,626 \times 7,6 \times 3207 \times 1 = 15265,9 \text{ кгс} = 152,66 \text{ кН} > 129,19 \text{ кН.}$$

Несущая способность кладки достаточна.

Примечание:

1. В каждом конкретном случае при расчете стен с целью определения допускаемой высоты здания следует выбирать наиболее нагруженный простенок и определять его несущую способность, собрав нагрузки и выполнив расчет по аналогии с примером, приведенным выше.
2. Расчетное сопротивление кладки из ячеистобетонных блоков на строительной клей-пене следует принимать по таблице 3 СП 15.13330.2012 как для тяжелого раствора марки М25 с учетом коэффициента условий работы, принимаемого в соответствии с п. 6.12 $\gamma_c=0,8$.
3. До проведения дополнительных исследований допускается при расчетах кладки из ячеистобетонных блоков на строительной клей-пене «ТЕХНОНИКОЛЬ» принимать упругую характеристику кладки α равной 167.

5. ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

На основании проведенных испытаний образцов кладки из ячеистобетонных блоков, выполненных на однокомпонентной полиуретановой строительной клей-пене «ТЕХНОНИКОЛЬ», можно сделать следующие выводы:

1. Для исследования прочности и деформативности кладки были изготовлены три опытных образца - фрагмента стен размером 940 x 200 x 1010 мм. Кладка образцов выполнялась из ячеистобетонных блоков на клей-пене. Горизонтальные и вертикальные швы кладки выполнялись в виде двух полос, суммарная ширина полосы составляла около 6 см.

2. Согласно результатам испытаний образцов бетона, отобранных из ячеистобетонных блоков, установлено, что среднее значение прочностных характеристик бетона соответствует требованиям к бетону класса В2,5. По данным Заказчика марка бетона блоков по средней плотности составляла D500.

3. Связующее в составе кладки образцов – клей-пена «ТЕХНОНИКОЛЬ для газобетонных блоков и кладки», представляющая собой готовый к применению однокомпонентный профессиональный полиуретановый клей в аэрозольной упаковке.

4. Согласно результатам испытаний образцов-двоек на осевое растяжение средняя предельная прочность нормального сцепления в кладке из ячеистого бетона с клей-пеной «ТЕХНОНИКОЛЬ» при толщине стены 200 мм для двухполосного шва составляет 96,6 кПа, для трехполосного шва 144,9 кПа.

В соответствии с требованиями п. 6.14.5 СП 14.13330.2014 «СНиП II-7-81* Строительство в сейсмических районах» по временному сопротивлению осевому растяжению по неперевязанным швам кладка стены толщиной 200 мм из ячеистого бетона с клей-пеной «ТЕХНОНИКОЛЬ», уложенной тремя полосами, соответствуют кладке II категории. При укладке клей-пены двумя полосами величина временного сопротивления осевому растяжению по неперевязанным швам ниже требуемой для кладки II категории.

5. В ходе испытаний образцов кладки на сжатие появление первых трещин в отдельных блоках было зафиксировано при нагрузке 0,19 – 0,26 от разрушающей. Средняя величина модуля упругости составила 373,5 Н/мм².

6. По результатам испытаний предел прочности кладки при сжатии составил $R = 2,239$ Н/мм² (22,85 кгс/см²).

Тогда расчетное сопротивление кладки сжатию составит:

$$R = \frac{R_u}{k} = \frac{22,85}{2,2} = 10,39 \text{ кгс/см}^2 = 1,018 \text{ Н/мм}^2;$$

где: k – коэффициент, принимаемый по табл. 14 СП 15.13330.2012.

Таким образом, расчетное сопротивление сжатию кладки из ячеистого бетона на клей-пене «ТЕХНОНИКОЛЬ» может с некоторым запасом приниматься по табл. 3 СП 15.13330.2012 для марки раствора М25, при этом должен учитываться коэффициент условий работы $\gamma_c = 0,8$ (п. 6.12 СП 15.13330.2012).

7. На основании результатов данных исследований, а также с учетом испытаний, проведенных другими организациями, могут быть даны следующие рекомендации:

- при возведении несущих стен зданий из ячеистобетонных блоков на строительной клей-пене не допускается применять блоки из ячеистого бетона классом по прочности на сжатие менее В2,5;

- до проведения дополнительных исследований допускается при расчетах кладки из ячеистобетонных блоков на строительной клей-пене «ТЕХНОНИКОЛЬ» принимать упругую характеристику кладки α равной 167.

8. При ведении кладки не допускается заменять строительную клей-пену на монтажную клей-пену.

9. Не допускается производить кладку столбов из ячеистобетонных блоков на клей-пене, а также из блоков типа «Теплостен».

10. Минимальные размеры (ширина) простенков в навесных стенах из ячеистобетонных блоков и в несущих стенах зданий до двух этажей составляет 600 мм.

11. Качество тонкошовной кладки из изделий с гладкой поверхностью в значительной степени зависит от качества кладки первого контрольного ряда, укладка которого производится на цементно-песчаном растворе и должна выполняться особенно тщательно. Последующие ряды выполняются с контролем их горизонтальности и плоскостности. Для устранения местных неровностей, вызванных дефектами поверхности блоков, разницей их геометрических размеров в пределах допускаемых значений и тому подобное, производится выравнивание плоскости кладки с использованием рубанка или шлифовальной машинки.

Правила ведения кладки из ячеистого бетона приведены в СТО НОСТРОЙ 2.9.136-2013.

12. Кладка на строительной клей-пене обладает значительно более высокой деформативностью, чем традиционные виды кладки. Первые трещины образуются при небольших нагрузках (в среднем 0,23 от разрушающей). Эти факторы следует принимать во внимание при проектировании несущих конструкций, а также при выборе сроков и способов отделки несущих стен и перегородок из кладки данного вида.

Отделочные слои по поверхности несущих стен и участков их сопряжений с перегородками следует выполнять после окончания процесса активного деформирования и осадок здания, происходящих в течение года и более после его строительства. В зонах передачи на кладку сосредоточенных нагрузок необходимо предусматривать установку распределяющих пластин, железобетонных подушек и т.п.

Правила проектирования конструкций из ячеистых бетонов приведены в СП 339.1325800.2017.

13. Рекомендуемая этажность зданий из автоклавного ячеистого бетона В2,5 на строительной клей-пене «ТЕХНОНИКОЛЬ», при деревянных перекрытиях пролетом 4 м, для простенков шириной 1,0 м и толщиной 0,4 м, составляет 2 этажа. В каждом конкретном случае при определении допускаемой высоты здания следует определять несущую способность по результатам требуемых расчетов.

6. ПРИЛОЖЕНИЯ

6.1. Список использованной литературы

1. ГОСТ 27751-2014 Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения. М, 2015.
2. ГОСТ 8462-85. Материалы стеновые. Методы определения пределов прочности при сжатии и изгибе., М., 1985.
3. ГОСТ 21520-89 «Блоки из ячеистых бетонов стеновые мелкие», М., 1990.
4. ГОСТ 32047-2012. Кладка каменная. Метод испытания на сжатие. Москва 2014.
5. ГОСТ 24992-2014 Конструкции каменные. Метод определения прочности сцепления в каменной кладке. М., 2015.
6. СП 20.13330.2011. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*. М., 2011.
7. СП 15.13330.2012. Каменные и армокаменные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-22-81*. -М.: ГУП ЦПП, 2012.
8. СП 70.13330.2012 Несущие и ограждающие конструкции. Актуализированная редакция СНиП 3.03.01-87. -М.: ГУП ЦПП, 2012.
9. EN 1996-1-1 «Еврокод 6:Проектирование каменных конструкций. Часть 1-1: Общие правила. Проектирования армированных и неармированных каменных конструкций» (Eurocode 6 – Design of masonry structures–Part 1-1: General rules for reinforced and unreinforced masonry structures).
10. EN 771-3 «Блоки из автоклавного ячеистого бетона. Технические условия» (EN 771-4:2011 «Specification for masonry units - Part 4: Autoclaved aerated concrete masonry units»).
11. EN 772-1 «Кирпич и блоки. Метод определения прочности на сжатие» (EN 771-1, Methods of test for masonry units. Determination of compressive strength).
12. EN 1052-1 «Кладка каменная. Метод определения прочности на сжатие» (EN 1052-1 «Methods of test for masonry. Determination of compressive strength»).
13. Семенцова С.А., Камейко В.А. – Справочник проектировщика промышленных, жилых и общественных зданий и сооружений. Каменные и армокаменные конструкции. -М.: Издательство литературы по строительству, 1968.
14. СТО НОСТРОЙ 2.9.136-2013 «Строительные конструкции зданий и сооружений. Устройство конструкций с применением изделий и армированных элементов из ячеистых бетонов автоклавного твердения. Правила, контроль выполнения и требования к результатам работ, рекомендации по применению». М., 2017.
15. ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко – «Рекомендации по применению стеновых мелких блоков из ячеистых бетонов». –М, 1992.
16. ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко – Техническое заключение о возможности использования полиуретанового клея в виде пены «Tytan Professional. Клей для кладки газобетона и керамических блоков» для кладки стен из газобетонных блоков автоклавного твердения и других кладочных материалов с гладкими поверхностями в условиях России. –М, 2016.
17. «Испытания на сжатие кладки из ячеистобетонных блоков автоклавного твердения на полиуретановом клее TYTAN PROFESSIONAL», Лаборатория по испытаниям строительных элементов и конструкций Научно-Исследовательского Строительного института в Варшаве, 2011.
18. «Определение физико-механических характеристик при испытании фрагментов кладки из ячеистого бетона автоклавного твердения», ЗАО «Испытательный центр ВНИИГС» Санкт-Петербург, 2013.
19. «Определение физико-механических характеристик при испытании фрагментов кладки из ячеистого бетона автоклавного твердения», ЗАО «Испытательный центр ВНИИГС» Санкт-Петербург, 2013.

20. Статья в журнале «Строительные материалы» №5 за 2014 г «Повышение теплотехнической однородности стен из ячеистобетонных изделий за счет использования в кладке полиуретанового клея». А.С. Горшков, канд.техн.наук; Г.И. Гринфельд, исполнительный директор; В.Е.Мишин, преподаватель; Е.С. Никифоров, канд.эконом.наук; Н.И. Ватин, д-р техн. наук, директор Инженерно-строительного института.
21. Статья в журнале «Жилищное строительство» №11 за 2013 г «Сравнительные испытания фрагментов кладки из автоклавного газобетона с различным исполнением кладочного шва». Г.И.Гринфельд, исполнительный директор, Национальная ассоциация производителей автоклавного газобетона; А.П.Харченко, руководитель ОС «ВНИИГСертификация», ЗАО «Испытательный центр ВНИИГС» (Санкт-Петербург).
22. Статья в журнале «Строительство уникальных зданий и сооружений» №8 2013 г «Инновационная технология возведения стен из газобетонных блоков на пенополиуретановом клее». А.С.Горшков, канд. техн. наук, доцент каф. «Строительство уникальных зданий и сооружений» Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, Е.С.Никифоров, доцент каф. «Логистика и управление качеством» Санкт-Петербургский государственный университет сервиса и экономики», Н.И.Ватин, доктор техн. наук, профессор зав. кафедрой «Строительство уникальных зданий и сооружений», директор Инженерно-строительного института Санкт-Петербургского государственного политехнического университета.

6.2. Иллюстрации



рис. 4. Общий вид образцов кладки О-1 и О-2 перед испытанием на сжатие



рис. 5. Образец кладки О-3, подготовленный к испытанию



рис. 6. Общий вид прессы в процессе испытания образца кладки на сжатие

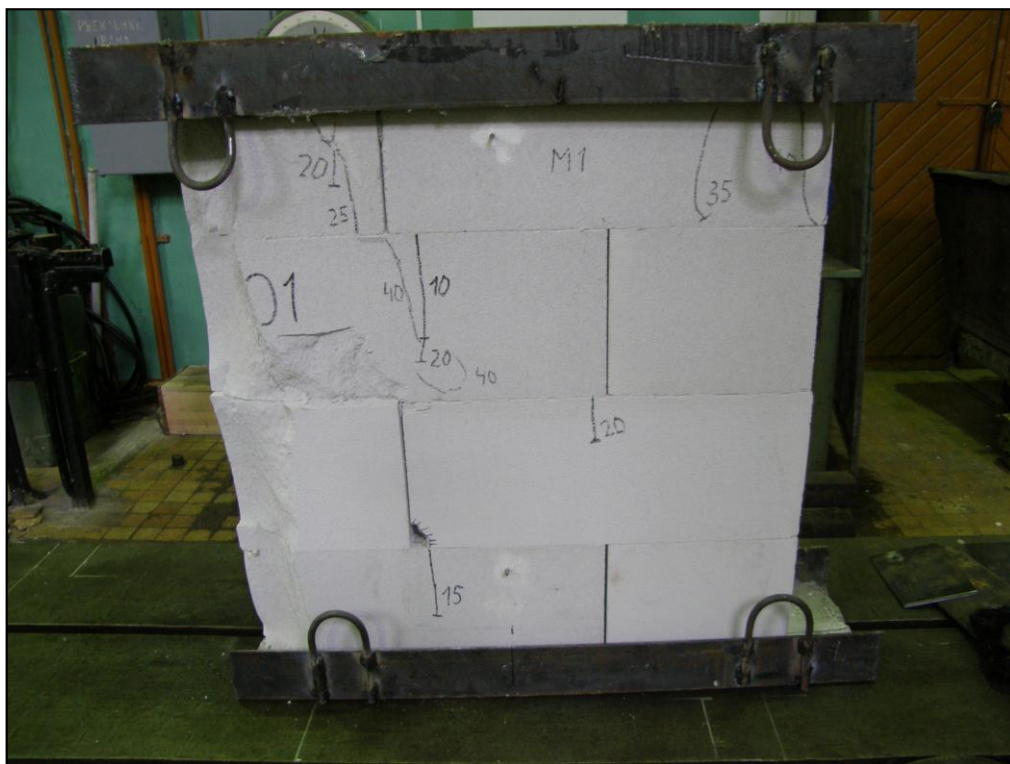


рис. 7. Образец кладки O-1 после испытания на сжатие



рис. 8. Характер разрушения образца кладки О-1 при испытании на сжатие

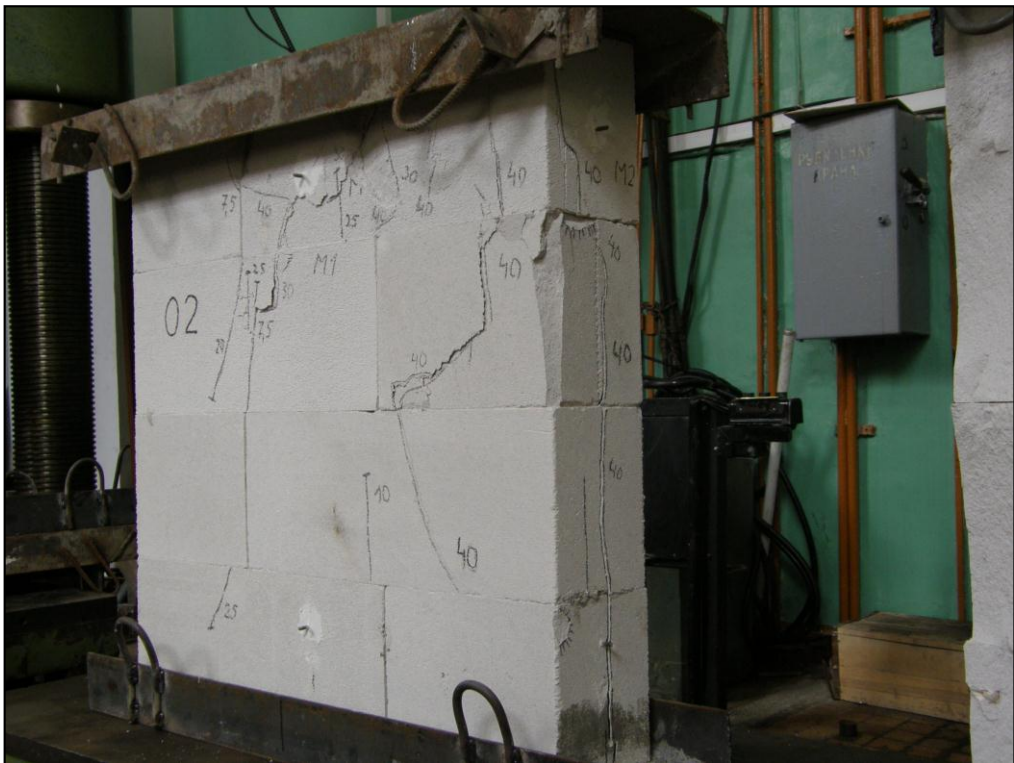


рис. 9. Образец кладки О-2 после испытания на сжатие

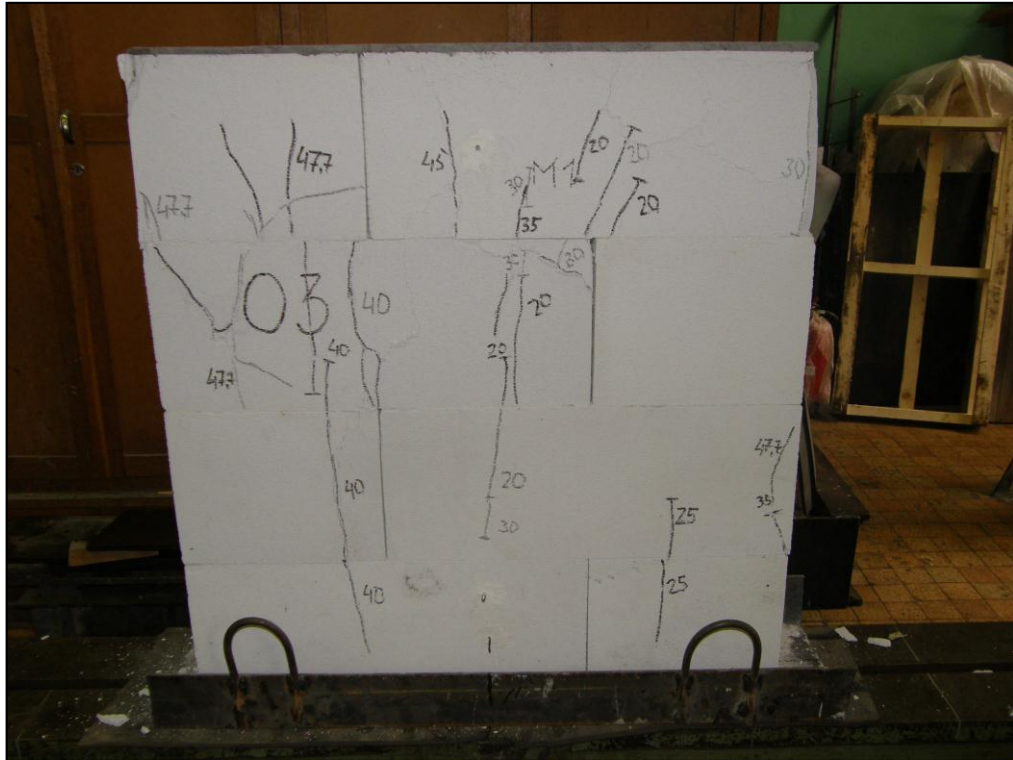


рис. 10. Образец кладки О-3 после испытания на сжатие



рис. 11. Образец кладки О-3 после испытания на сжатие

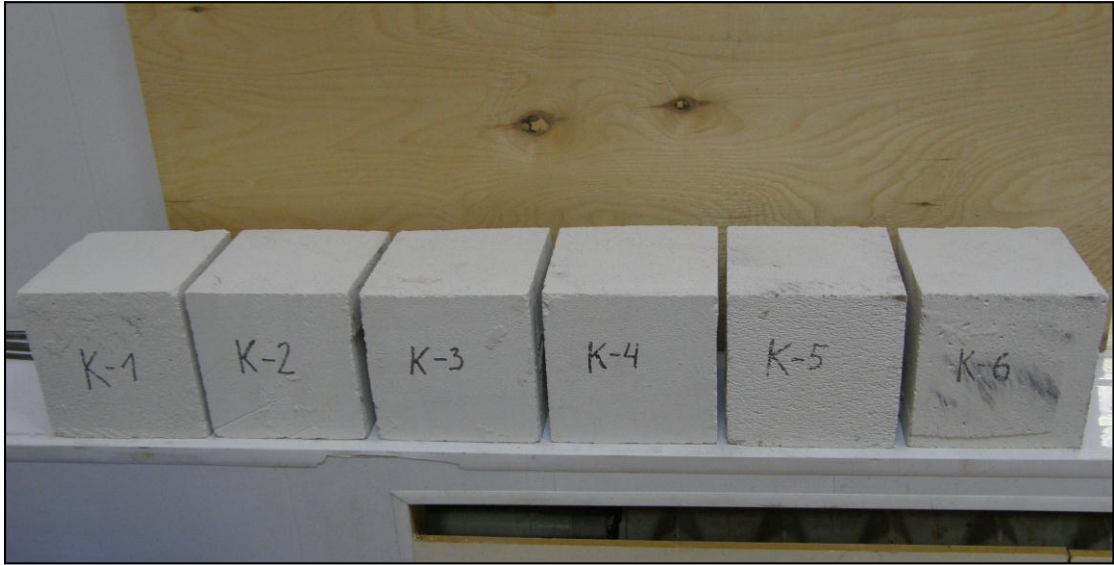


рис. 12. Образцы бетона, подготовленные к испытаниям на сжатие



рис. 13. Испытание образца бетона в прессе



рис. 14. Опытные образцы бетона после испытания на сжатие



рис. 15. Опытные образцы, подготовленные для испытания на осевое растяжение



рис. 16. Испытание образца на осевое растяжение



рис. 17. Опытные образцы после испытания на осевое растяжение

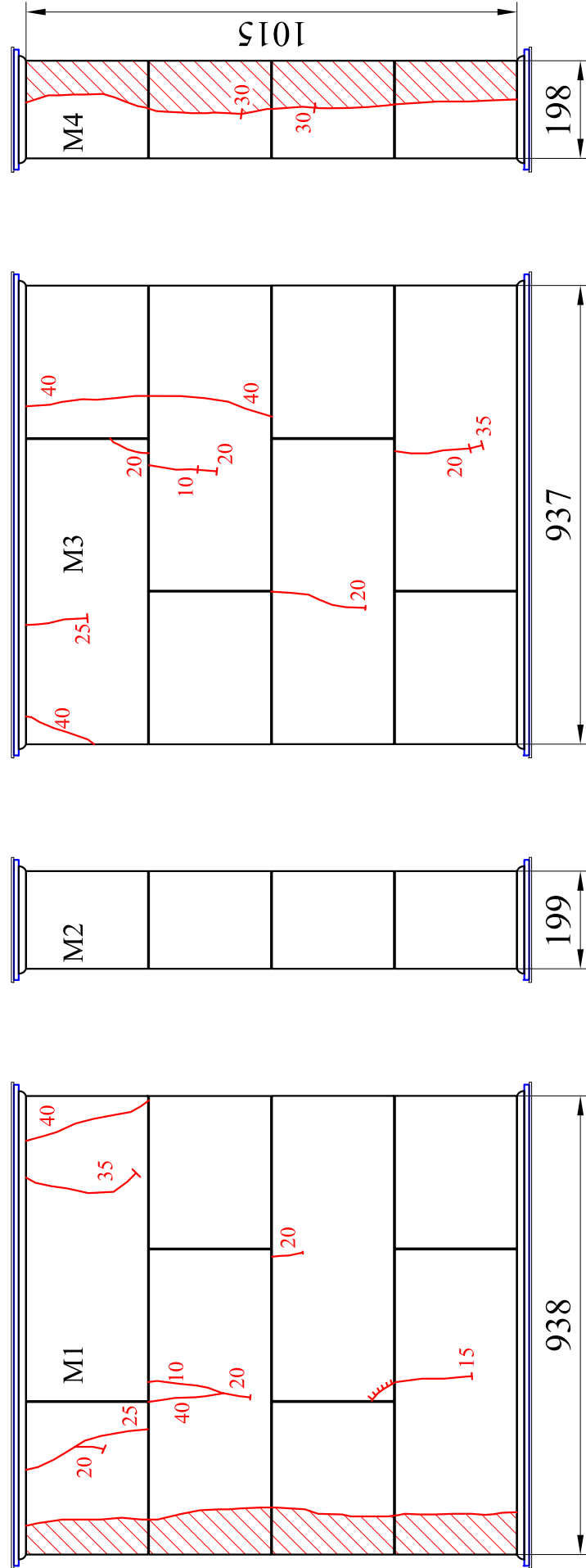


рис. 18. Характер разрушения кладки образца О1, выполненного из ячеистобетонных блоков на на однокомпонентной полиуретановой строительной клей-пене в аэрозольной упаковке «ТехноНИКОЛЬ»

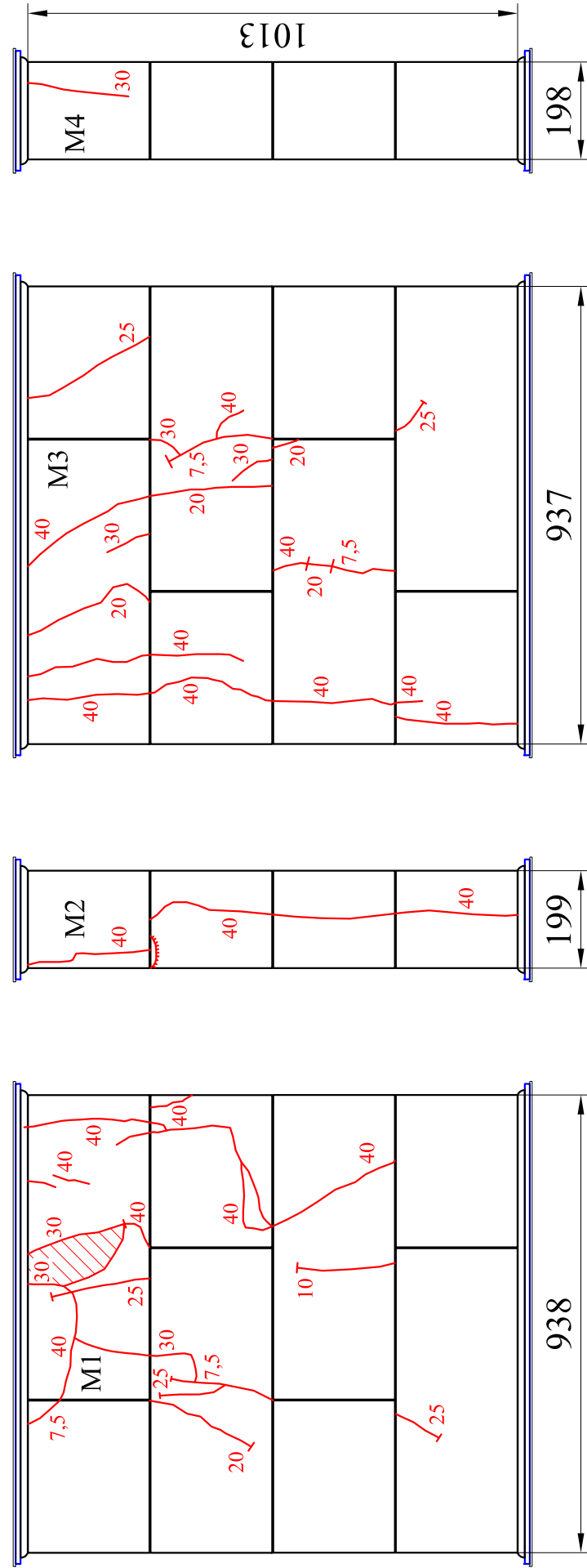


рис. 19. Характер разрушения кладки образца О2, выполненного из ячеистобетонных блоков на на однокомпонентной полиуретановой строительной клей-пене в аэрозольной упаковке «ТехноНИКОЛЬ»

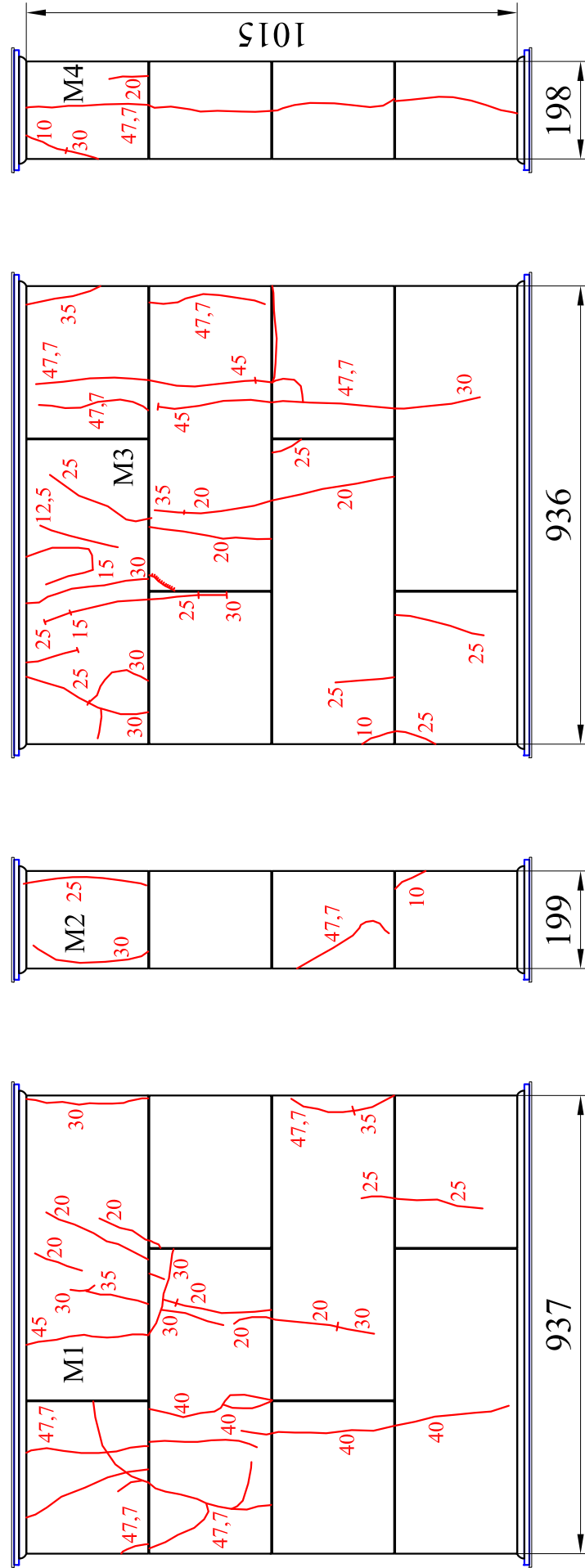


рис. 20. Характер разрушения кладки образца ОЗ, выполненного из ячеистобетонных блоков на на однокомпонентной полиуретановой строительной клей-пене в аэрозольной упаковке «ТехноНИКОЛЬ»



Саморегулируемая организация
основанная на членстве лиц выполняющих инженерные изыскания
(вид саморегулируемой организации)

Ассоциация «Центральное объединение организаций по инженерным изысканиям
для строительства «Центризыскания» (Ассоциация СРО «Центризыскания»)

(полное наименование саморегулируемой организации, адрес, электронный адрес в сети "Интернет",
129090, Москва, Большой Балканский пер., д.20, стр.1, www.nr-ciz.ru,
СРО-И-003-14092009

регистрационный номер в государственном реестре саморегулируемых организаций)

г. Москва
(место выдачи Свидетельства)

" 19 " мая 2017 г.
(дата выдачи Свидетельства)

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о допуске к определенному виду или видам работ, которые оказывают
влияние на безопасность объектов капитального строительства

№ 1311.06-2010-5042109739-И-003

Выдано члену саморегулируемой организации Акционерному обществу

(полное наименование юридического лица)

«Научно-исследовательский центр «Строительство», ОГРН 1095042005255, ИНН

(фамилия, имя, отчество индивидуального предпринимателя), ОГРН (ОГРНИП), ИНН, адрес местонахождения (место жительства),

5042109739, Российская Федерация, 141367, Московская область,

Сергиево-Посадский район, пос. Загорские Дали, д. 6-11

(дата рождения индивидуального предпринимателя)

Основание выдачи Свидетельства решение Правления Ассоциации СРО
«Центризыскания»

(наименование органа управления саморегулируемой организацией)

Протокол № 188 от «19» мая 2017 года

(номер протокола, дата заседания)

Настоящим Свидетельством подтверждается допуск к работам, указанным в
приложении к настоящему Свидетельству, которые оказывают влияние на безопасность
объектов капитального строительства.

Начало действия с " 19 " мая 2017 г.

Свидетельство без приложения недействительно.

Свидетельство выдано без ограничения срока и территории его действия.

Свидетельство выдано взамен ранее выданного 18.07.2015 г. 1073.05-2010-5042109739-И-003

(дата выдачи, номер Свидетельства)

Президент

(должность уполномоченного лица)

(подпись)

В.И. Пасканный

(инициалы, фамилия)

Генеральный директор

(должность уполномоченного лица)

(подпись)

А.А. Супрович

(инициалы, фамилия)

М.П.