

Центральный научно-исследовательский институт
строительных конструкций имени В.А.Кучеренко
АО "НИЦ "Строительство"

ЦНИИСК им.В.А.Кучеренко

УТВЕРЖДАЮ:

Директор
ЦНИИСК им.В.А.Кучеренко
докт. техн. наук, профессор
И.И.Ведяков

М. п.  2016г.

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

По договору № 549/7-14-15/СК от 22 июня 2015г.

Заведующий Лабораторией кирпичных,
блочных и панельных зданий

Зав. сектором прочности каменных
конструкций

Ст. научный сотрудник

Старший инженер

 О.И.Пономарев

 А.М.Горбунов

 А.А.Горбунов

 Е.Г.Фокина

Москва, 2016г.

СОДЕРЖАНИЕ

1.	Введение	2
2.	Исследования прочности и деформативности кладки, выполненной на полиуретановой клей-пене для тонких швов различными научными организациями	4
	А. Научно-исследовательский строительный институт. Лаборатория по испытаниям строительных элементов и конструкций. Варшава Выводы ЦНИИСК им.В.А.Кучеренко	4 6
	Б. Отчет по определению физико-механических характеристик при испытании фрагментов кладки из ячеистого бетона автоклавного твердения. ЗАО «Испытательный центр ВНИИГС» Санкт-Петербург, 2013г.	9
	Заключение по отчету Испытательного центра	11
	В. Результаты исследования прочности кладки на клеевых составах и мастиках, проведенные российскими специалистами. Повышение теплотехнической однородности стен из ячеистобетонных изделий за счет использования в кладке полиуретанового клея	12
	Выводы по комплексу проведенных испытаний	13
	Заключение ЦНИИСК им В.А.Кучеренко по результатам испытаний, указанных в данной статье	14
	Сравнительные испытания фрагментов кладки из автоклавного газобетона с различным исполнением кладочного шва	15
	Выводы	17
	Инновационная технология возведения стен из газобетонных блоков на пенополиуретановом клее	17
	Выводы	19
	Выводы ЦНИИСК им.В.А.Кучеренко по результатам исследований кладки на полиуретановом клее в условиях России	21
	ОБЩИЙ ВЫВОД	24
3.	Кладка стен зданий на клее-пене TYTAN PROFESSIONAL фирмы SELENA. Основные требования к расчету несущих стен зданий	25
	1 Расчет несущей способности (предела прочности) стен из ячеистобетонных блоков и крупноформатных шлифованных камней ..	26
	2 Конструктивные решения стен зданий	27
	3 Теплотехнические свойства стен из ячеистобетонных блоков и крупноформатных керамических камней	28
	4 Указания по возведению кладки из ячеистобетонных блоков и других изделий с гладкой поверхностью	28
	5 Пример расчета однослойной наружной стены из автоклавных ячеистобетонных блоков на внецентренное сжатие	29
	6 Рекомендуемая этажность зданий	31
	Приложение. Строительные конструкции каменные. Кладка из силикатных изделий (кирпич, камни, блоки и плиты перегородочные). Правила, контроль выполнения и требования к результатам работ. СТО НОСТРОЙ 2.9.157-2014	34

1. Введение

Совершенствование качества строительства зданий, возводимых из каменных изделий, выполняется за счет новых видов кладочных материалов, в том числе растворов.

Традиционные виды растворов (цементно-песчаные, известковые, сложные и др.) по-прежнему применяются в строительстве, но в настоящее время появились и новые виды растворов, в том числе с полимерной добавкой. В последние годы широко используются клеевые составы, в том числе связующие в виде пены.

Появление новых видов связующих вызвано улучшением качества изделия, например: крупные силикатные блоки, блоки из автоклавного ячеистого бетона, которые изготавливаются с гладкими поверхностями и малыми допусками.

В связи с появлением стеновых кладочных изделий нового поколения изменилась технология возведения кладки. В настоящее время налажен выпуск клеевых растворов, кладка на которых выполняется с тонкошовным швом толщиной $3\div 5$ мм. Уменьшенная толщина растворного шва способствует улучшению теплотехнических показателей наружных стен. Для наружных стен из материалов с плотностью до 1000 кг/м^3 , которые могут применяться без эффективного утеплителя, использование тонкослойного шва позволит сократить теплотери 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/м^3 использовать без эффективного утеплителя не допускается в связи с недостаточными теплотехническими характеристиками кладки.

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

В Западной Европе имеется некоторый опыт по возведению кладки на клеепене, в основном, при малоэтажном строительстве. Многие источники указывают на положительные аспекты, кроме теплотехнических, такие как:

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

Но играет ли это большую роль, если высота здания ограничена? Это – частный сектор.

Для того чтобы использовать клеи для многоэтажного строительства, необходимо знать фактическую долговечность кладки на клее-пене.

Конструкции стен, применяемые в настоящее время, подразделяются на:

- однослойные;
- двухслойные;
- трехслойные с эффективным утеплителем.

Однослойные стены из ячеистобетонных блоков (или из шлифованных керамических камней) с двухсторонней штукатуркой – самый простой вариант в конструктивном отношении.

Двухслойные стены с облицовкой керамическим кирпичом под расшивку швов выполнить невозможно без специальных проработанных конструктивных решений из-за разницы в толщине швов. Невозможно использовать вариант соединения слоев сетками.

В какой-то степени это касается и трехслойных стен.

Возникает необходимость разработки альбомов конструктивных решений несущих и ненесущих двухслойных и трехслойных стен.

Цель настоящей работы – подготовка заключения о возможности использования в российских условиях клея-пены (TYTAN PROFESSIONAL) и для возведения кладки с тонким швом.

2. Исследования прочности и деформативности кладки, выполненной на полиуретановом клее-пене для тонких швов различными научными организациями

А. Научно-исследовательский строительный институт. Лаборатория по испытаниям строительных элементов и конструкций. Варшава.

Испытания кладки из ячеистобетонных блоков автоклавного твердения на полиуретановом клее TYTAN PROFESSIONAL на сжатие проводилось в период с 04.11.2010г. по 09.02.2011г.

Образцы изготавливались из блоков размером 599x240x199 мм со шпунтованным соединением без заполнения клеем вертикальных швов. Плотность блоков – 600 кг/м³. Швы были сделаны в форме двух полос. Размеры образцов кладки соответствуют Европейским и Российским нормам.

Образцы испытывались после 28 дней выдержки. Исследования выявили значительные деформации кладки (Таблицы 1 и 2).

Таблица 1

Результаты испытания прочности кладки на сжатие

Кладка №	l_s , мм	t_s , мм	h_s , мм	Прочность, кН	f_1 , Н/мм ²
1	2	3	4	5	6
1	900	240	1043	665	3,08
2	900	240	1043	700	3,24
3	900	240	1050	680	3,15
4	900	240	1045	645	2,99
5	898	240	1045	715	3,32
6	900	240	1050	570	2,64
Среднее значение прочности f (Н/мм ²)					3,07
Среднеквадратичное отклонение (Н/мм ²)					0,24
Коэффициент изменчивости, η (%)					7,84
$\pm U$ (Н/мм ²)					0,04
f_b (Н/мм ²)					4,50
f_m (Н/мм ²)					-
Расчет f_k в соответствии с разделом 10.2 PN-EN 1052-1					
$f/1.2$ (Н/мм ²)					2,56
Минимальное значение прочности $f_{1,min}$ (Н/мм ²)					2,64
f_k в соответствии с разделом 10.2a PN-EN 1052-1					2,56
Экспериментальное значение коэффициента $K=f_k/f_b^{0,7}$					0,89
Расчет f_k в соответствии с разделом 10.2b PN-EN 1052					
k_n					2,18
f_k в соответствии с разделом 10.2b PN-EN 1052-1 (Н/мм ²)					2,54

1	2	3	4	5	6
Экспериментальное значение коэффициента $K=f_k/f_b^{0,7}$					0,89
Конечное значение f_k в соответствии с PN-EN 1052-1					
f_k в соответствии с разделом 10.2 PN-EN 1052-1 (Н/мм ²)					2,56
Экспериментальное значение коэффициента $K=f_k/f_b^{0,7}$					0,89

Таблица 2

Экспериментальные значения модуля упругости кладки

Кладка №	F_1 , кН	l_s , мм	t_s , мм	h_s , мм	f_i , Н/мм ²	$F_i/3$, кН	ε , мм/м	E_i , Н/мм ²
1	2	3	4	5	6	7	8	9
7	517,00	600	240	800	3,59	172,33	-10,447	115
8	516,38	600	240	800	3,58	171,79	-8,187	146
9	504,91	600	240	-	3,51	168,30	-11,228	104
Среднее значение прочности, f (Н/мм ²)					3,56	-		
Среднеквадратичное отклонение, s (Н/мм ²)					0,05	--		
Коэффициент изменчивости, γ (%)					1,28	-		
$\pm U$ (Н/мм ²)					0,05	-		
Расчет f_k в соответствии с разделом 10.2а PN-EN 1052-1					-			
$f/1.2$ (Н/мм ²)					2,97	-		
Минимальное значение прочности. $f_{1,min}$ (Н/мм ²)					3,51	-		
f_k в соответствии с разделом 10.2а PN-EN 1052-1					2,97	-		
Среднее значение модуля упругости, E (Н/мм ²)								121
Показатель эластичности, a_c								41
Среднеквадратичное отклонение, s (Н/мм ²)								22
Коэффициент изменчивости, η (%)								18
$\pm U$ (Н/мм ²)								1

Результаты экспериментальных исследований прочности кладки

Стандартная прочность блоков, f_b (Н/мм ²) – R_1	4,5
Прочность строительного раствора, f_m (Н/мм ²) – R_2	–
Средняя прочность на сжатие кладки, f (Н/мм ²) – $R_{кл}^{cp}$	3,1
Нормативная прочность на сжатие кладки, f_k в соответствии с 10.2 PN-EN 1052-1	2,6

Допускаемое значение коэффициента К в формулу для расчета прочности кладки в соответствии со стандартом EN 1996-1-1	0,89
Среднее значение модуля упругости (Н/мм ²)	121
Характеристика упругости кладки a_c	41

Выводы ЦНИИСК им.В.А.Кучеренко

В результате рассмотрения испытаний кладки, выполненной из ячеистых блоков плотностью 600 кг/м³ на полиуретановом клее-пене TYNAN PROFESSIONAL лабораторией по испытанию строительных элементов и конструкций г. Варшава, можно сделать следующие выводы:

1. Размеры образцов кладки соответствуют требованиям Европейских и Российских норм.
2. Прочностные характеристики на центральное сжатие совпадают с Российскими и могут быть приняты по табл. 3 СП 15.13330.2011.

В то же время по результатам проведенных исследований имеются следующие замечания и предложения:

1. Длина базы приборов значительно больше, чем требуется стандартами на испытания.
2. Отверждение полиуретана значительно меньше 28 дней (от 1-го до 7 дней).
3. Модуль деформации и упругая характеристика в десятки раз меньше ожидаемого при такой высокой прочности на сжатие.

Одновременно архитектурно-строительным отделом этого же института проводились испытания этого клея, в результате которых были установлены:

- прочность швов на разрыв (нормальное сцепление);
- времени схватывания;
- время открытой выдержки раствора;
- морозостойкость.

Таблица 3

Прочность кладки (по неперевязанному сечению) на разрыв, изготовленной с использованием полиуретанового клея в лабораторных условиях, через 7 дней после выдержки

№№ п. п.	Условия нанесения и выдержки	Усилие на разрыв, кН	Предел прочности на разрыв, кПа	Характер повреждений
1	Нанесение – лабораторные условия, соединение сразу же после нанесения, отсутствие корректировки положения, выдержка – 7 дней в лабораторных условиях	40,4	280	100% в пределах клея
2		39,0	271	20% в пределах клея, 80% в пределах газобетонного блока
3		40,7	283	100% в пределах газобетонного блока
4		39,6	275	100% в пределах газобетонного блока
5		40,9	284	100% в пределах газобетонного блока
6		39,5	274	100% в пределах клея
Среднее значение		40,0	278	
s		7,6	5	

Как показали испытания на разрыв (табл. 3) предел прочности после выдержки 7 дней в лабораторных условиях составил 278 кПа при требовании Технического свидетельства на полиуретановый клей в виде пены TYNAN PROFESSIONAL ≥ 260 кПа.

Требований по нормальному сцеплению в кладке Российских нормах не установлено, за исключением норм по проектированию зданий в сейсмических районах.

$R_t^u \geq 180$ кПа – для кладки I категории;

180 кПа $\geq R_t^u \geq 120$ кПа – для кладки II категории.

Проверка времени схватывания выполнялась испытанием образцов на разрыв после 24 часов и 7 дней набора прочности. За 24 часа образцы набирали 86-90% прочности.

В соответствии с требованиями Технического свидетельства на полиуретановый клей-пену открытое время работы составляет 3 минуты. Образцы изготавливались с 3-х минутной выдержкой после нанесения клея. Потери прочности на разрыв составили менее 3% (251/258 по данным таблиц 5 и 6).

Морозостойкость швов определялась путем замораживания/оттаивания образцов в течение 20 циклов после 7 дней выдержки. Падение температуры происходило в течение 2-х часов с 20°С до -15°С. Температура -15°С поддерживалась в течение 4-х часов. Прочность на нормальное сцепление уменьшалась на 22%.

Таблица 4

№№ п. п.	Условия нанесения и выдержки	Разрывная сила, кН	Прочность на разрыв, кПа	Характер повреждений
1	Нанесение – лабораторные условия, соединение сразу же после нанесения, отсутствие корректировки положения	37,4	280	100% в пределах газобетонного блока
2		29,5	205	100% в пределах газобетонного блока
3		26,9	186	100% в пределах газобетонного блока
В среднем		31,3	217	
s		5,5	31	
Соотношение прочности после циклов замораживания / размораживания прочности после 7 дней выдержки в лабораторных условиях			0,78	

Прочность после 20 циклов замораживания/оттаивания по требованию Технического свидетельства равна 210 кПа.

На основании вышеуказанных исследований и отчетов, выполненных Институтом строительной техники (см. приложение 1), было выдано Техническое свидетельство 1Т6 (АТ-15-8683/2012) на полиуретановый клей в виде пены TYTAN PROFESSIONAL для тонких швов с целью использования его при строительстве объектов в пределах Польши.

Б. Отчет по определению физико-механических характеристик при испытании фрагментов кладки из ячеистого бетона автоклавного твердения. ЗАО «Испытательный центр ВНИИГС» Санкт-Петербург, 2013г.

Программа испытаний включала:

- определение прочности ячеистого бетона;
- определение нормального сцепления на растворах и **пене**;
- определение расчетных сопротивлений сдвигу;
- определение расчетных сопротивлений растяжению при изгибе по неперевязанному сечению.

Результаты испытаний даны в таблицах 1-4.

Таблица 1

Прочность и плотность бетона

№ образца	Прочность при сжатии, МПа	Плотность, кг/м ³	Влажность, %
№1	3,15	398	3,85
№2	2,93	410	4,00
№3	3,00	412	3,96
Среднее	3.03	406,7	3,94

Таблица 2

Нормальное сцепление

№ образца	Разрушающая нагрузка, Н	Прочность сцепления (адгезия), МПа	Характер разрушения
Склейка на монтажной пене			
№1	1484	1,48	Скалывание по углам образца газобетона
№2	1280	1,28	
№3	1386	1,39	
Среднее	1383	1,38	
Склейка на цементном клее			
№1	868	0,87	Скалывание по углам образца газобетона
№2	1362	1,36	
№3	1266	1,27	
Среднее	1165	1,17	
Склейка на ЦПС			
№1	1516	1,52	Скалывание по углам образца газобетона
№2	1491	1,49	
№3	1504	1,50	
Среднее	1504	1,50	

Таблица 3

Касательное сцепление (срез) материалов кладочного шва и бетона

№ образца	Разрушающая нагрузка, Н	Прочность на срез по клеевому слою, МПа	Характер разрушения
Склейка на цементном клее			
№1	835	0,21	Разрушение по клеевому слою со следами газобетона. Образец №3 - Разрушение по клеевому слою по одной плоскости
№2	935	0,23	
№3	2410	0,60	
Среднее	1393	0,35	
Склейка на монтажной пене			
№1	1330	0,33	Срез по блокам из газобетона
№2	1150	0,29	
№3	1150	0,29	
Среднее	1210	0,30	
Склейка на ЦПС			
№1	785	0,11	Срез когезионный по швам
№2	1445	0,36	
№3	1510	0,38	
Среднее	1247	0,28	

Таблица 4

Прочность при изгибе

Материал склейки балки	Разрушающая нагрузка, Н	Характер разрушения
Цементный клей	10800	Разрушение по шву и блоку
Монтажная пена	9150	Разрушение по шву по одной плоскости
ЦПС	4200	Разрушение по шву по двум плоскостям

Таблица 5

Результаты испытаний различных вариантов шва между блоками на растяжение, срез и растяжение при изгибе

Среднее значение для типа шва	Нормальное сцепление (растяжение), МПа			Касательное сцепление (срез), МПа			Растяжение при изгибе, кН		
	клей	ППУ	раствор	клей	ППУ	раствор	клей	ППУ	раствор
	1,17	1,38	1,50	0,35	0,30	0,28	10,8	9,15	4,2
%, раствор = 100%	78	92	100	122	107	100	257	218	100

Заключение по отчету Испытательного центра

Проведенные испытания, их анализ и сделанные частные выводы позволяют дать итоговое заключение, что кладка из автоклавного ячеистого бетона марки по средней плотности D400 с кладочным швом толщиной 0,5-3 мм, выполненная на минеральных или полимерных **клеевых составах, обладает более высокой прочностью при всех видах напряженного состояния, за исключением нормального сцепления, чем кладка на стандартном кладочном растворе марки М100 с толщиной шва 10-12 мм.** В качестве расчетных сопротивлений кладки с тонким кладочным швом могут использоваться значения, приведенные для раствора марки М100 в таблицах 3 и 11 СП.15.13330.2012 «Каменные и армокаменные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-22-81*».

*В. Результаты исследования прочности кладки на клеевых
составах и мастиках, проведенные российскими
специалистами*

Повышение теплотехнической однородности стен
из ячеистобетонных изделий за счет
использования в кладке полиуретанового клея

А.С. Горшков ¹, канд.техн.наук; Г.И. Гринфельд ², исполнительный директор;
В.Е.Мишин ³, преподаватель; Е.С. Никифоров ⁴, канд.эконом.наук; Н.И. Ватин ¹, д-р
техн. наук, директор Инженерно-строительного института.

1 – Санкт-Петербургский государственный политехнический университет
(195251, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29)

2 – Национальная Ассоциация производителей автоклавного бетона (193091,
Санкт-Петербург, Октябрьская наб., 40)

3 – Лидский колледж УО «Гродненский государственный университет им. Янки
Купалы (Белоруссия, Гродненская обл., 231300, г. Лида, ул. Советская, 18).

4 – Санкт-Петербургский государственный экономический университет
(191023, Санкт-Петербург, ул. Садовая, 21)

Представлены результаты прочностных и теплофизических испытаний кладки из ячеисто-бетонных изделий автоклавного твердения (газобетонных блоков) на полиуретановом клее. Показано, что механические характеристики кладки на полиуретановом клее (прочность при сжатии, растяжение при изгибе, нормальное и касательное сцепление) незначительно отличаются от аналогичных показателей, полученных при испытании фрагментов кладки, выполненных на цементно-песчаном растворе или цементном клее для газобетона. При этом теплофизические характеристики кладки на полиуретановом клее (термическое сопротивление, сопротивление теплопередаче) ввиду значительно более низкой теплопроводности полиуретанового клея по сравнению с цементными составами оказываются значительно выше. На основании проведенных испытаний сделано заключение, что кладку из газобетонных блоков на полиуретановом клее при соответствующем расчетном обосновании, допускается использовать при возведении ненесущих внутренних и наружных стен зданий, в том числе при заполнении наружных проемов каркасно-монолитных зданий с поэтажным опиранием кладки на несущие монолитные перекрытия.

Выводы по комплексу проведенных испытаний

1. Использование пенополиуретанового клея для кладки стен из газобетонных блоков технически осуществимо и экономически целесообразно.

2. Экономическая целесообразность данного типа кладки обусловлена тремя составляющими:

- более высокой производительностью работ при монтаже кладки;
- более низкой стоимостью возведения кладки при существующем соотношении цен на полиуретановый клей и цементные составы;
- более высокими теплоизоляционными свойствами кладки на ППУ-клею по сравнению с кладкой на цементном растворе или тонкослойном цементном клее, а следовательно, и более низкими потерями тепловой энергии в течение отопительного периода.

3. Теплотехнические свойства фрагментов стен толщиной 375 мм, выполненных из газобетонных блоков на ППУ-клею, соответствуют нормативным требованиям к уровню теплоизоляции (сопротивлению теплопередаче наружных стен) для большинства регионов Российской Федерации и Республики Беларусь.

4. Предел огнестойкости испытанной перегородки из газобетонных блоков (толщиной не менее 100 мм) марки по плотности D400 на ППУ-клею составил EI150 (по критериям целостности и теплоизолирующей способности).

5. Кладку из газобетонных блоков на полиуретановом клее допускается использовать при возведении несущих внутренних и наружных стен зданий, в том числе при заполнении наружных проемов каркасно-монолитных зданий с поэтажным опиранием кладки на несущие монолитные перекрытия, при соответствующем расчетном обосновании.

При проведении испытаний были выявлены некоторые ограничения для предложенной технологии возведения кладки, а именно:

– **небольшое количество проведенных испытаний для определения прочности клея при центральном сжатии недостаточно для разработки рекомендации по возведению несущих стен зданий;**

– кладка на ППУ-клею затруднена при работе на открытой местности в условиях сильных порывов ветра (свыше 5 м/с), так как при данных скоростях ветра пена, нанесенная на горизонтальную поверхность блоков в кладке, может скатываться до установки последующего (верхнего) ряда кладки.

Для получения однозначного вывода о возможности или невозможности использования данного типа кладки при возведении несущих стен зданий требуются

дополнительные испытания, в том числе при внецентренном сжатии фрагментов кладки.

Кроме того требуется проведение исследований по долговечности ППУ-клея в конструкциях стен, а также исследования способов защиты клея от ультрафиолетового облучения и перепадов температур (зима-лето).

До получения данных о сроке службы полиуретанового клея в наружных стенах зданий наиболее целесообразно его использование во внутренних перегородках с последующей отделкой стен (защищающей, в том числе полиуретановый клей от прямого воздействия ультрафиолетовых лучей).

Заключение ЦНИИСК им В.А.Кучеренко по результатам испытаний, указанных в данной статье

В целом с результатами выводов следует согласиться за исключением следующих положений.

При проведении испытаний на центральное сжатие не определялся начальный модуль деформации (E_0) и упругая характеристика кладки.

Вызывает сомнение диаграмма, указанная на рис. 2. Приборы (мессуры) с ценою деления 0,01 или 0,001 мм может быть и не нужно. Принято по горизонтальным швам указывать относительную деформацию $E \cdot 10^{-4}$ в см.

Определение расчетных сопротивлений растяжения при изгибе при испытании фрагмента в виде балки не отвечает требованиям EN 1052-2 фактической работе стен на ветровую нагрузку.

*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)

Программа испытаний

Показано, что кладка из камней и блоков правильной формы с высокой точностью геометрических размеров на клеевых составах, обеспечивающих формирование тонкого кладочного шва, не определена в отечественных нормативных документах и не имеет расчетных характеристик. Представлены результаты сравнительных испытаний фрагментов кладки из автоклавного газобетона с различным исполнением кладочного шва.

1. Определение фактической плотности и прочности бетона.
2. Определение адгезии материала кладочного шва к бетону. Размеры и форма образцов для испытаний показаны на рис. 1, 2.
3. Определение усилия на срез по кладочному шву. Размеры и форма образцов для испытаний показаны на рис. 3, 4.
4. Определение прочности на изгиб балок, изготовленных из кубов, размером в полблока (300x313x250 мм). Размеры и форма образца для испытаний показаны на рис. 5, 6.
5. Определение деформаций в зависимости от нагрузки и фиксация разрушающей нагрузки на фрагментах кладки из блоков. Размеры фрагментов, схема раскладки блоков и расстановки тензометрических датчиков с базой измерения 500 мм приведены на рис 7, фрагмент кладки на испытательном прессе – на рис. 8.

Фрагменты кладки выполнены с пятью вариантами исполнения кладочного шва.

- 5.1 Кладочный шов на цементно-песчаном растворе М100 с толщиной кладочного шва 10 мм.
- 5.2. Кладочный шов на цементном клее со средней толщиной шва 2 мм. Перепад смежных блоков по высоте (1-1,5 мм) не устраняется.
- 5.3. Кладочный шов на цементном клее со средней толщиной шва 1,5 мм. Перепад смежных блоков по высоте (1-1,5 мм) устраняется специальным рубанком по ячеистому бетону.

5.4. Кладочный шов на полиуретановой монтажной пене. Толщина шва задается неровностью поверхности блоков. Перепад смежных блоков по высоте не устраняется.

5.5. Кладка выполняется насухо, перепад смежных блоков по высоте не устраняется.

Результаты испытаний

Результаты определения характеристик кладочного шва (адгезия, срез, растяжение при срезе) сведены в табл. 1.

При определении нормального сцепления разрушение во всех случаях происходило по бетону. При срезе также во всех разрушенных образцах не происходило разделения строго по границе бетон – материал шва, разрушался бетон в зоне шва.

В табл. 2 приведены сравнительные данные по разрушающей нагрузке в зависимости от исполнения кладочного шва.

Из полученных данных следует, что использование любых типов тонкослойных кладочных составов повышает временное сопротивление кладки центральному сжатию на 20-30% по сравнению со стандартной кладкой на ЦПС марки М100. Наличие шлифовки постели блоков перед укладкой следующего ряда кладки не приводит к увеличению ее сопротивления сжатию.

Таблица 1

Результаты испытаний различных вариантов шва между блоками на растяжение, срез и растяжение при изгибе

Среднее значение для типа шва	Нормальное сцепление (растяжение), МПа			Касательное сцепление (срез), МПа			Растяжение при изгибе, кН		
	клей	ППУ-клей	раствор	клей	ППУ-клей	раствор	клей	ППУ-клей	раствор
	0,12	0,14	0,15	0,35	0,30	0,28	10,8	9,15	4,2
%, раствор = 100%	78	92	100	122	107	100	257	218	100

Таблица 2

Прочность при изгибе

Исполнение кладочного шва	Средняя разрушающая нагрузка, тс	Относительная прочность (ЦПС=100%), %
ЦПС М100, 10 мм	26,2	100
Цементный клей, 1–2 мм	34,5	132
Цементный клей со шлифовкой, 0,5–1,5мм	33,1	126
ППУ	30,9	118
Насухо	31,6	121

Примечание. Приведено сравнительное временное сопротивление, полученное в результате деления средней разрушающей нагрузки для данного типа шва на среднюю разрушающую нагрузку для кладки со стандартным швом (ЦПС М100, 10 мм)

В ы в о д ы

По результатам проведенных испытаний делаются следующие выводы:

1. Кладка с тонким раствором швом обладает более высоким временным сопротивлением сжатию, чем кладка с толщиной раствора шва 10-12 мм.
2. Деформативные характеристики кладок с заполнением постельного шва минеральным раствором одинаковы и не зависят от толщины шва.
3. Шлифовка кладки не меняет характера трещинообразования под действием вертикальных нагрузок, не повышает сопротивление кладки сжатию.
4. Кладка на полиуретановом клею и кладка насухо при незначительных нагрузках деформируются в пределах толщины шва до возникновения плотного контакта смежных по вертикали блоков. После этого деформативность данных типов кладок под действием вертикальных нагрузок становится идентичной деформативности кладок с минеральным кладочным раствором.

На основании частных выводов можно сделать заключение, что расчетные сопротивления кладки с тонким швом после независимого восприятия полученных сравнительных результатов могут быть повышены. Кладка на ППУ-клею может быть использована в ненесущих стеновых конструкциях. Дополнительно следует определить характер деформаций кладки на ППУ-клею при малых напряжениях и ее упругую характеристику.

Инновационная технология возведения стен из газобетонных блоков на пенополиуретановом клею

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.

Авторы рассматривают возможность использования пенополиуретанового клея для скрепления газобетонных блоков в кладке стен. Они отмечают экономическую целесообразность этой технологии за счет более высокой производительности работ при монтаже кладки; более низкую стоимость возведения 1 м³ кладки при су-

ществующем соотношении цен на полиуретановый клей и цементные составы; более высокие теплоизоляционные свойства кладки на ППУ-клее.

Цели эксперимента:

– проверка возможности и технологичности производства работ по возведению кладки из газобетонных блоков на полиуретановый клей (вместо цементного клея или цементно-песчаного раствора);

– оценка производительности работ и качества кладки.

При проведении эксперимента были выявлены некоторые недостатки кладки на ППУ-клее, а именно:

– при кладке стен отсутствует возможность выравнивания блоков в горизонтальной плоскости. В результате в углах стен из-за разновысотности сопрягающих участков стеновой конструкции образуются перепады. Из-за перепада блоки работают не на сжатие, а на изгиб, что может негативно сказаться на прочности и деформативности кладки;

– при сильных порывах ветра (свыше 5 м/с) наблюдалось частичное или полное скатывание нанесенного ППУ-клея с поверхности блоков; данное обстоятельство следует учитывать при работе на открытой местности.

В целом, несмотря на выявленные недостатки, возможность устранения которых была доказана при проведении последующих технологических испытаний, эксперимент оказался успешным.

Результаты испытаний.

Прочностные испытания

Исследования прочности и деформативности кладки из газобетонных блоков на полиуретановом клее производились на образцах размером (Д x В x Ш) 100x100x37,5 см.

Для кладки образцов применялись следующие материалы:

– изделия стеновые неармированные из ячеистого бетона автоклавного твердения, выпускаемые по ГОСТ 31360 [1] со следующими физико-механическими и геометрическими характеристиками:

Марка по плотности D400;

Класс по прочности на сжатие B2;

Размер блоков (Д x В x Ш) 625x250x375 мм;

– однокомпонентный полиуретановый клей (технические данные представлены в табл. 1).

Прочностные испытания показали, что:

- средний предел прочности сжатию кладки из газобетонных блоков марки по плотности D400 на полиуретановом клее составляет $13,1 \text{ кгс/см}^2$;
- расчетное сопротивление кладки из газобетонных блоков на полиуретановом клее сжатию R составляет $6,0 \text{ кгс/см}^2$;
- полученное при испытаниях значение расчетного сопротивления сжатию R кладки из газобетонных блоков на полиуретановом клее ($6,0 \text{ кгс/см}^2$) численно соответствует расчетным сопротивлениям сжатию кладки из ячеистобетонных блоков автоклавного твердения на цементно-песчаном растворе марок от М4 ($5,5 \text{ кгс/см}^2$) до М10 ($6,5 \text{ кгс/см}^2$) согласно данным таблицы 3 СП 15.13330.2012 [15], а также таблицы 6.6 СТО 501-01 [16];
- нормативное сопротивление кладки сжатию R_n , рассчитанное на основании статистической обработки результатов испытаний, составляет $11,4 \text{ кгс/см}^2$;
- деформации кладки, приводящие к трещинообразованию задолго до потери ее несущей способности, не позволяют использовать данную технологию при возведении несущих стен зданий;
- кладку из газобетонных блоков на полиуретановом клее рекомендуется использовать при возведении ненесущих внутренних и наружных стен зданий при соответствующем расчетном обосновании.

В ы в о д ы

1. Использование пенополиуретанового клея для скрепления газобетонных блоков в кладке стен технически осуществимо и экономически целесообразно.
2. Экономическая целесообразность данного типа кладки обусловлена тремя составляющими:
 - более высокой производительностью работ при монтаже кладки;
 - более низкой стоимостью возведения 1 м^3 кладки при существующем соотношении цен на полиуретановый клей и цементные составы;
 - более высокими теплоизоляционными свойствами кладки на ППУ-клее по сравнению с кладкой на цементном растворе или тонкослойном клее, а, следовательно, и более низкими потерями тепловой энергии в течение отопительного периода.
3. Предел огнестойкости испытанной перегородки из газобетонных блоков толщиной не менее 100 мм, марки по плотности D400 на ППУ-клее составил EI 150, что соответствует требованиям СНиП 21-01 [22], предъявляемым к наружным не-

сущим стенам зданий (табл. 4* [22]), а также к противопожарным перегородкам (табл. 1 [22]) типов 1 и 2.

4. Кладку из газобетонных блоков на полиуретановом клее допускается использовать при возведении ненесущих внутренних и наружных стен зданий, в том числе при заполнении наружных проемов каркасно-монолитных зданий с поэтажным опиранием кладки на несущие монолитные перекрытия при соответствующем расчетном обосновании.

При проведении испытаний были выявлены некоторые *ограничения* для предложенной технологии возведения кладки, а именно:

- испытаний, проведенных при центральном сжатии испытываемых фрагментов кладки, недостаточно для рекомендации данного типа кладки при возведении несущих стен зданий;

- кладка на ППУ-клее затруднена при работе на открытой местности в условиях сильных порывов ветра (свыше 3 м/с), т.к. при данных скоростях ветра пена, нанесенная на горизонтальную поверхность блоков в кладке, может скатываться до установки последующего (верхнего) ряда кладки.

Для получения однозначного вывода о возможности использования данного типа кладки при возведении несущих стен зданий требуются дополнительные испытания, в том числе при внецентренном сжатии фрагментов кладки, а также испытания на адгезию полиуретанового клея и блоков из ячеистого бетона в кладке.

Кроме того, требуются разъяснения производителей по поводу возможности применения полиуретанового клея в кладке наружных стен зданий, сроках службы ППУ-клея в конструкциях стен, а также способах защиты клея от ультрафиолетового облучения и перепадов температур (зима-лето).

До получения данных о сроке службы полиуретанового клея в наружных стенах зданий наиболее целесообразно его использование во внутренних перегородках с последующей отделкой стен, защищающей, в том числе, полиуретановый клей от прямого воздействия ультрафиолетовых лучей.

Выводы ЦНИИСК им.В.А.Кучеренко по результатам исследований кладки на полиуретановом клее в условиях России

Исследования кладки на полиуретановой пене TYTAN PROFESSIONAL, проведенные рядом институтов России, показали, что данная кладка имеет ряд преимуществ над традиционной кладкой, выполняемой на цементно-песчаных растворах, таких как:

- улучшенные теплотехнические показатели;
- повышенная производительность труда;
- чистота производства (отсутствие растворомешалок);
- более низкая стоимость возведения кладки.

В то же время исследования разных исполнителей не совпадают в своих выводах. Одни авторы считают, что расчетные сопротивления кладки из ячеистых бетонов на клее-пене следует принимать с повышающими коэффициентами к таблице 3 СП 15.13330.2012, но применять данную кладку только для ненесущих стен?!

Следует отметить, что кладку на клее-пене можно выполнять на изделиях с гладкими поверхностями, таких как:

- ячеистобетонные блоки автоклавного твердения;
- крупноформатные силикатные блоки;
- трехслойные блоки типа «Теплостен».

Все эти изделия должны иметь минимальные отклонения от номинальных размеров изделий.

Избежать целиком использование раствора не удастся, первый (контрольный) ряд кладки необходимо выполнять особенно тщательно на цементно-песчаном растворе.

Кроме положительных качеств кладки на клее-пене есть и не изученные аспекты.

В процессе испытаний обнаружены значительные деформации в самом начале испытаний, а в некоторых случаях и раннее образование трещин (30% от разрушающей нагрузки). Очевидно, что процесс твердения клея еще не закончился по истечении 24 часов (или 7 суток). Следовательно, вопрос окончания процесса твердения клея еще следует изучать.

В то же время пределы прочности кладки на клее-пене выше пределов прочности на традиционных растворах при одной и той же марке изделий.

Из всех исследований, рассматриваемых в данной работе, заслуживает особое внимание испытанная кладка из газобетонных блоков на полиуретановом клее, выполненная Санкт-Петербургским Государственным политехническим университетом (статья «Инновационная технология возведения стен из газобетонных блоков на пенополиуретановом клее»).

Результаты испытаний показали, что полученное значение расчетного сопротивления сжатию $R = 0,6$ МПа кладки из газобетонных блоков плотностью D400 (класс B2) на полиуретановом клее численно соответствует расчетным сопротивлениям сжатию кладки из ячеистобетонных блоков автоклавного твердения на цементно-песчаном растворе марок от M4 до M10 согласно данным таблицы 3 СП 15.13330.2012.

Во всех рассмотренных исследованиях не зафиксированы нагрузки, при которых появляются первые трещины, за исключением Ярославского государственного технического университета, сотрудники которого при исследовании работы тонкошовной кладки из крупных силикатных блоков на центральное сжатие зафиксировали появление трещин при нагрузках, равных 30% от предельных. В таких случаях следует отметить, что расчетные сопротивления не должны превышать значений, при которых появляются трещины.

Средний предел прочности в Российских нормах (СП 15.13330.2012) определяется по формуле

$$R_u = k R,$$

где $k = 2,2$ для кладки из ячеистобетонных блоков на цементно-песчаных растворах.

Предел прочности кладки на клеях в Европейских нормах определяется по формулам:

$$f_k = k f_b^{0,7},$$

– для каменной кладки с применением раствора, укладываемого тонким слоем, с толщиной горизонтального шва от 0,5 до 3 мм и керамического кирпича групп 2 и 3 (в соответствии с разделом 10.2 PN-EN 1052-1);

$$f_k = k f_b^{0,85},$$

– для каменной кладки с применением раствора, укладываемого тонким слоем, с толщиной горизонтального шва от 0,5 до 3 мм и керамического кирпича групп 1 и 4, силикатных блоков, бетонных блоков или блоков из ячеистого бетона.

Испытание кладки на сжатие выполнялось в Варшавском научно-исследовательском институте на блоках марки М45 (D600), предел прочности которой соответствовал

$$f_k = 2,6 \text{ (Н/мм}^2\text{)}.$$

Если учесть, что трещины появлялись при 30% от предельных значений, то можно принять при расчете несущих стен зданий расчетное сопротивление

$$R = f_k \cdot 0,3 = 2,6 \cdot 0,3 = 0,78 \text{ (Н/мм}^2\text{)}.$$

Это значение соответствует значениям таблицы 3 СП 15.13330.2012 для марки раствора М4.

Аналогичные выводы были сделаны Государственным политехническим университетом г. Санкт-Петербург.

Дополнительные исследования, выполненные лабораторией по испытаниям строительных элементов и конструкций Научно-исследовательского строительного института (Польша, Сехнице, ул. Польная, 14-18) в декабре 2015г., не дали ответа,

Общий вывод

В настоящее время не накоплен достаточный опыт использования клея-пены в несущих стенах зданий. Отзывы различных специалистов достаточно противоречивы.

Подход к решению задачи, который представлен выше, дает возможность применения полиуретанового клея-пены TYTAN PROFESSIONAL (Производитель: Orion PU Sp. z.o.o., ул. Пешыцка, 4, 58-200, Дзержонюв, Польша. Торговые наименования: TYTAN PROFESSIONAL EURO Клей для кладки блоков, TYTAN PROFESSIONAL Клей для кладки газобетона и керамических блоков. Bonolit «Формула Тепла» клей для кладки блоков) для несущих стен зданий в малоэтажном строительстве с использованием кладочных изделий, выпускаемых с ровными поверхностями и с минимальными отклонениями от номинальных размеров таких как:

- ячеистобетонных блоков автоклавного твердения;
- силикатных крупноформатных блоков, изготовленных в автоклавах с давлением 17 атм. и более;
- двухслойных и трехслойных бетонных блоков типа «Теплостен».
- шлифованных крупноформатных керамических камней.

Использование клея-пены TYTAN PROFESSIONAL рекомендуется для возведения наружных и внутренних ненесущих (навесных) стен и перегородок многоэтажных зданий с монолитным каркасом.

Примеры расчетов и типы стен зданий даны в разделе «Кладка стен зданий на клею-пене TYTAN PROFESSIONAL фирмы SELENA. Основные требования к расчету несущих стен зданий».

3. КЛАДКА СТЕН ЗДАНИЙ НА КЛЕЙ-ПЕНЕ
ТУТАН PROFESSIONAL ФИРМЫ SELENA.

ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К РАСЧЕТУ
НЕСУЩИХ СТЕН ЗДАНИЙ

1. Расчет несущей способности (предела прочности) стен из ячеистобетонных блоков и крупноформатных шлифованных камней

1.1. Предел прочности (временное сопротивление кладки) при сжатии зависит от прочности (марки) камня, нормального сцепления клея-пены, а также качества кладки, времени и условий твердения клея-пены. Исходной характеристикой при определении расчетных сопротивлений кладки является ее средний предел прочности при сжатии при заданных физико-механических характеристиках камня и клея-пены и при качестве кладки, соответствующей практике массового строительства. Временное сопротивление (ожидаемый предел прочности) сжатию кладки устанавливается согласно средним значениям, полученным по испытанию образцов кладки в соответствии с требованиями ГОСТ 32047-2012 «Кладка каменная. Методы испытания на сжатие».

1.2. При определении прочности кладки на клей-пене прочность кладки (до получения экспериментальных данных) определяется по таблицам СП 15.13330.2012, как для раствора М4.

Расчетные сопротивления R , МПа, сжатию кладки из ячеистобетонных блоков следует принимать по табл. 3 СП 15.13330.2012, как для раствора М4.

Расчетные сопротивления R , МПа, сжатию кладки из силикатных крупноформатных блоков следует принимать по табл. 7 СП 15.13330.2012, как для раствора М4.

Расчетные сопротивления R , МПа из шлифованных крупноформатных камней на клей-пене принимать по таблице 2 СП 15.13330.2012, как для раствора М4.

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

1.4. *Расчет сечений на смятие кладки выполнять по СП 15.13330-2012. В формуле 18 только для кладки из крупноформатных керамических камней необходимо использовать коэффициент $\xi = 0,8$. До проведения дополнительных ис-*

следований не следует применять в проектах опирание балок, указанных в п. 7.16 СП 15.13330-2012 (рис. 9. для случаев: б, е, з).

2. Конструктивные решения стен зданий

2.1. Для наружных стен зданий могут применяться несущие и навесные стены следующих типов:

Тип 1 – стена с внутренним слоем из автоклавных ячеистобетонных блоков или из других изделий (см. общие выводы) с наружной теплоизоляцией и тонкослойной штукатуркой.

Тип 2 – однослойная стена из автоклавных ячеистобетонных блоков оштукатуренных с двух сторон.

Тип 3 – стены ненесущие многоэтажных зданий с навесными фасадными системами (при использовании автоклавных ячеистобетонных блоков или крупноформатных камней крепление фасадной системы 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.

Тип 5 – стена из трехслойных бетонных блоков типа «Теплостен».

2.2. Для несущих стен используются все типы, кроме типа 3. Толщина стен определяется расчётом, в зависимости от передаваемой на них нагрузки, а также в зависимости от теплотехнических требований.

2.3. Проектирование столбов из крупноформатных керамических камней и ячеистобетонных блоков не допускается.

2.4. Минимальные размеры (ширина) простенков в навесных стенах – 600 мм, в зданиях с ненесущими стенами до двух этажей – 500+600 мм. При перевязке кладки простенков из крупноформатных керамических камней следует использовать половинки камней только заводского изготовления.

2.5. Глубину заделки перемычек на кладку из крупноформатных камней и ячеистобетонных блоков следует назначать не менее 250 мм.

3. Теплотехнические свойства стен из ячеистобетонных блоков и крупноформатных керамических камней

3.1. 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. Указания по возведению кладки из ячеистобетонных блоков и других изделий с гладкой поверхностью

4.1. При возведении стен зданий из ячеистобетонных блоков следует руководствоваться СП 70.13330-2012 «Несущие и ограждающие конструкции. Актуализированная редакция СНиП 3.03.01-87» и СТО НОСТРОЙ 2.9.157-2014 «Правила, контроль выполнения и требования к результатам работ».

4.2. Прочность кладки из ячеистобетонных блоков и других изделий в большей степени зависит от качества кладки – первого контрольного ряда, укладка которого производится на цементно-песчаном растворе марки М50 особенно тщательно.

4.3. Глубина перевязки – со смещением вертикальных швов не менее $0,4H$ (где H – высота ряда).

4.4. Кладку из блоков и камней выполняют с горизонтальными клеевыми швами. Вертикальные швы выполняют без клея-пены только при соединении паз-ребень.

4.5. 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.

4.6. Плиты перекрытия должны опираться на кладку глубиной не менее 120 мм и укладываться на слой 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 – $\varnothing 3$ В1) на всю ширину стены.

4.7. При производстве работ следует соблюдать требования безопасности и охрану окружающей среды:

– баллоны находятся под давлением, защищать их от прямых солнечных лучей;

– баллоны держать вдали от источников огня, не курить;

– работы должны производиться в хорошо вентилируемых помещениях в масках с газовым фильтром.

Правила, контроль выполнения и требования к результатам работ кладки из силикатных изделий даны в СТО НОСТРОЙ 2.9.157-2014 (в том числе, на тонкошовной кладке).

Аналогичные требования предъявляются и для кладки из автоклавных ячеистобетонных блоков.

5. Пример расчета однослойной наружной стены из автоклавных ячеистобетонных блоков на внецентренное сжатие

5.1. *Материал стен:*

– Автоклавный ячеистый бетон 400мм

– Марка по средней плотности D400, класс по прочности на сжатие B2,5.

– Полиуретановый клей-пена TYTAN PROFESSIONAL.

Район строительства – г. Москва.

Основные расчетные данные:

– Высота этажа – 3,0 м.

– Высота здания от пола 1-го этажа до верхней отметки парапета – 10,5 м.

– Расстояние между осями смежных проемов – 3,0 м.

– Ширина простенков – 1,5 м.

– Высота проема – 1,7 м.

– Стены – однослойные, толщиной 400 мм.

– Расстояние между продольными стенами – 6,0 м.

– Перекрытия – железобетонные плиты толщиной 220 мм.

5.2. *Нагрузки:*

– Постоянные расчетные нагрузки от веса перекрытия, пола и перегородок:

$$P = 800 \text{ кгс/м}^2 \text{ (нагрузка уточняется в каждом конкретном случае).}$$

– Полезная расчетная нагрузка:

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

– Нагрузки на конструкции покрытия условно принимаем равными нагрузкам на перекрытия.

5.3. Сбор нагрузок:

Нагрузка на простенок 1-го этажа.

Вес кладки одного этажа за вычетом оконных проемов:

$$P_1 = 450 \times 1,1 \times (3 \times 3 - 1,5 \times 1,7) \times 0,4 = 1277 \text{ кгс,}$$

где: 450 кг/м^3 – объемный вес кладки;

1,1 – коэффициент условий работы.

Нагрузка от одного перекрытия:

$$P_2 = (800 + 195) \times 3 \times 3 = 8955 \text{ кгс.}$$

Суммарная нагрузка от 3-х этажей:

$$P = P_1 \times 3 + P_2 \times 3$$

$$P = (P_1 + P_2) \times 3 = (1277 + 8955) \times 3 = 30696 \text{ кгс.}$$

Вес парапета:

$$P_3 = 450 \times 1,1 \times 1 \times 3 \times 0,25 = 371,25 \text{ кгс.}$$

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

$$P_4 = 450 \times 1,1 \times 3 \times 0,4 \times 0,8 = 475,2 \text{ кгс.}$$

С учетом нагрузки от парапета

$$P = 30696 + 371,25 - 475,2 = 29849,55 \text{ кгс.}$$

5.4. Расчет внецентренно сжатого неармированного простенка определяем 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 $P_2 = 8,955 \text{ тс}$ на глубину $0,15 \text{ м}$ момент от действия перекрытия будет равен:

$$M = 8,955 \times (0,4/2 - 0,15/3) = 1,34 \text{ тс м.}$$

Эксцентриситет действия силы будет равен:

$$e_0 = 1,34/29,85 = 0,045 \text{ м.}$$

Площадь сечения сжатой зоны простенка:

$$A_c = A (1 - 2e_0/h) = 40 \times 150 (1 - (2 \times 4,5) / 40) = 4650 \text{ см}^2.$$

где: 150 – ширина простенка в см.

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

$$\lambda = 3,0/0,4 = 7,5; \quad \lambda_c = 3,0/0,31 = 9,7.$$

Коэффициент продольного изгиба определяем по табл. 19 СП 15.13330.2012 для упругой характеристики кладки $\alpha = 750$ (табл. 16 СП 15.13330).

$$\varphi_1 = (\varphi + \varphi_2)/2 = (0,92 + 0,85)/2 = 0,89.$$

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 В2,5 на растворе марки М4:

$$R = 0,7 \text{ МПа.}$$

При этих значениях:

$$N = 1 \times 0,89 \times 7 \times 4650 \times 1 = 28969,5 \text{ кгс} < 29850 \text{ кгс.}$$

Перегрузка – 3%, что допускается.

6. Рекомендуемая этажность зданий

6.1. Рекомендуемая этажность зданий из автоклавного ячеистого бетона В2,5 при пролетах перекрытий 6 м для простенков шириной 1,5 м (ширина проемов 1,5 м) приведены в таблице 1.

Таблица 1

Количество этажей в здании при кладке на клее-пене из автоклавных ячеистобетонных блоков D400, В2,5, R = 0,7 МПа		
Пролет перекрытия, м	Толщина наружной стены, мм	
	300	400
6,0	2*	3*

* В каждом конкретном случае требуется точно собрать нагрузки и выполнить расчет по типу раздела 5. Этажность может быть увеличена за счет принятия повышенной марки блоков. Расчетное сопротивление принимать по таблице 3 СП 15.13330.2012, как для раствора марки М4.

Примечание к таблице:

- Высота этажей – 3 м.
- Ширина простенка – 1,5 м.
- Расстояние между осями смежных проемов – 3 м (размер проема – 1,7 x 1,5 м).
- Перекрытия – сборные железобетонные пустотелые плиты толщиной 220 мм.
- Плотность кладки из ячеистобетонных блоков D450.
- Постоянная расчетная нагрузка от железобетонных перекрытий ~ 800 кгс/м².
- Перегородки – кирпичные по железобетонным перекрытиям.

6.2. Рекомендуемая этажность зданий в зависимости от используемых материалов, расчетного сопротивления кладки и пролетов перекрытий для простенков шириной 1,0 м для зданий с жесткой конструктивной схемой приведены в таблицах 2 и 3.

Таблица 2

Количество этажей в здании при кладке на клее-пене из силикатных крупных блоков М200 (R = 2,1 МПа)			
Пролет перекрытия, м	Толщина наружной стены, мм		
	250	380	510
6,0	3	5	7

* Расчетное сопротивление принимать по таблице 7 СП 15.13330.2012, как для раствора марки М4.

Таблица 3

Количество этажей в здании при кладке на клее-пене из крупноформатных керамических камней марки М100 (R = 0,9 МПа)		
Пролет перекрытия, м	Толщина наружной стены, мм	
	380	510
6,0	2	3

* Расчетное сопротивление принимать по таблице 2 СП 15.13330.2012, как для раствора марки М4.

Примечание к таблицам:

- Высота этажей – 3 м.
- Ширина простенка – 1,0 м.
- Расстояние между осями смежных проемов – 3 м (размер проема – 1,7 x 2 м).
- Перекрытия – сборные железобетонные пустотелые плиты толщиной 220 мм.
- Плотность кладки из крупноформатных камней – 900 кгс/м³.

- Постоянная расчетная нагрузка от железобетонных перекрытий $\sim 800 \text{ кгс/м}^2$.
- Перегородки – кирпичные по железобетонным перекрытиям.

6.3. Расчетные сопротивления кладки приняты по таблицам 2 и 3 СП 15.13330.2012, как для раствора М4.

6.4. В каждом конкретном случае при расчете стен с целью определения высоты здания следует выбрать наиболее нагруженный простенок и определить его несущую способность.

6.5. Размер (ширина) простенка не должен быть менее 750 мм. Исключением могут быть 2-3-х этажные здания, где размеры простенков допускаются до 500 мм.

6.6. Кладку простенков из крупноформатных керамических камней следует выполнять с использованием половинок камней, изготавливаемых в заводских условиях. Камни и половинки не должны иметь трещин при кладке простенков.

6.7. **Не допускается** производить кладку столбов из ячеистобетонных блоков и керамических крупноформатных камней, а также из блоков типа «Теплостен».