

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Уральский федеральный университет  
имени первого Президента России Б. Н. Ельцина  
СРО «Союз стройиндустрии Свердловской области»  
Национальная Ассоциация производителей автоклавного газобетона  
ООО Производственно-строительное объединение «Теплит»

## **ПРИМЕНЕНИЕ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ЯЧЕИСТОГО БЕТОНА АВТОКЛАВНОГО ТВЕРДЕНИЯ**

*Сборник докладов  
IV научно-практического семинара  
Екатеринбург, 5 декабря 2012 г.*

Под общей редакцией проф., д-ра техн. наук Ф. Л. Капустина

Екатеринбург  
УрФУ  
2012

УДК 691.32 (06)  
ББК 38.33 я 431  
П76

Рецензенты:

Минкин О. С. (директор ЗАО «Корпорация «Атомстройкомплекс»);

Четверкин А. Н. (канд. техн. наук, заместитель генерального директора по научной работе, ОАО  
Институт «УралНИИАС»)

**Применение изделий из ячеистого бетона автоклавного твердения:** сборник  
П76 докладов IV науч.-практ. семинара. Екатеринбург, 5 декабря 2012 г. / Под общей  
редакцией Ф. Л. Капустина. – Екатеринбург : УрФУ, 2012. – 107 с.

ISBN 978–5–321–02232–0

Сборник содержит материалы докладов участников научно-практического семинара  
«Применение изделий из ячеистого бетона автоклавного твердения», прошедшего в городе  
Екатеринбурге 5 декабря 2012 г.

Основные темы семинара: применение автоклавного ячеистого бетона (АЯБ); изменения  
в нормативной базе, регламентирующей его применение; результаты исследований свойств АЯБ  
(эксплуатационных, технологических, экологических); новые виды изделий из АЯБ (сборно-  
монолитное перекрытие, составные перемычки, укрупненные неармированные блоки).

В сборник вошли доклады сотрудников вузов, научно-исследовательских учреждений,  
проектных и производственных предприятий России и стран СНГ.

УДК 691.32 (06)  
ББК 38.33 я 431

Редколлегия:

Председатель: проф., д-р техн. наук Ф. Л. Капустин

Члены редколлегии: доц., канд. техн. наук И. К. Доманская;

канд. техн. наук А. А. Вишневский

Ответственный за выпуск – М. Ю. Захватюшина

ISBN 978–5–321–02232–0

© Уральский федеральный  
университет, 2012

## СОДЕРЖАНИЕ

ВАСИЛЬЕВ А.В., ЖУКОВСКИЙ М.В., ОНИЩЕНКО А.Д., ВИШНЕВСКИЙ А.А. Исследование механизмов и источников поступления радона в здания, построенные по современным технологиям.....	4
ВИШНЕВСКИЙ А.А. Оптимизация свойств автоклавного газозолобетона пониженной плотности.....	13
ВИШНЕВСКИЙ А.А., КАПУСТИН Ф.Л. Вся правда о золе.....	17
ГАГАРИН В.Г., КОЗЛОВ В.В., ПАСТУШКОВ П.П. Нормирование теплозащиты и энергоэффективности в актуализированной редакции СНиП «Тепловая защита зданий».....	28
ГОРШКОВ А.С., ГРИНФЕЛЬД Г.И., КУПТАРАЕВА П.Д. Оценка влажностного режима стеновой ограждающей конструкции, выполненной из газобетонных блоков автоклавного твердения с облицовочным слоем из лицевого силикатного кирпича, на основании расчета и натуральных испытаний.....	36
ГОРШКОВ А.С., ПОЧТЕНКО А.Г. Конструкция сборно-монолитных перекрытий из ячеистобетонных блоков автоклавного твердения производства ООО «ПСО «Теплит».....	49
ГРИНФЕЛЬД Г.И. Практика применения автоклавного газобетона в строительстве Санкт-Петербурга и Ленинградской области.....	58
ГРИНФЕЛЬД Г.И. Стандарт организации СТО НААГ «Автоклавный газобетон в строительстве зданий и сооружений на территории Российской Федерации». Предпосылки для разработки и основные источники.....	63
ЗАРС Р.А. Анкеры Хилти в твинблоке.....	67
КАПУСТИН Ф.Л., УФИМЦЕВ В.М., ЕЖОВ В.Б., ЛИСИНА Е.В., ГИХАТУЛИНА Н.Ю. Инновационные разработки в технологии ячеистого бетона.....	71
ЛЕВЧЕНКО В.Н. Новая продукция ООО «ПСО «Теплит».....	76
САЛЬНИКОВ В.Б., БЕЛЯКОВ В.А., ПЕКАРЬ Г.С., ФОМИН Н.И., ЗАМАРАЕВ К.А. Исследование прочностных и деформационных характеристик стеклопластиковых крепежных элементов, установленных в качестве гибких связей в стеновых конструкциях...	81
РЫХЛЕНКО Ю.А. Особенности расчета и проектирования поэтажно опертых стен, выполненных кладкой из ячеистобетонных блоков.....	92
ПЕША А. В. Исследование вариантов крепления навесных фасадных систем к автоклавному газобетону.....	99

А.В. ВАСИЛЬЕВ, Институт промышленной экологии УРО РАН

М.В. ЖУКОВСКИЙ, д-р. техн. наук, Институт промышленной экологии УРО РАН

А.Д. ОНИЩЕНКО, Институт промышленной экологии УРО РАН

А.А. ВИШНЕВСКИЙ, канд. техн. наук, ООО “Производственно-Строительное Объединение “Теплит”

г. Екатеринбург

## **ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ И ИСТОЧНИКОВ ПОСТУПЛЕНИЯ РАДОНА В ЗДАНИЯ, ПОСТРОЕННЫЕ ПО СОВРЕМЕННЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ**

Общеизвестно, что воздействие радона является вторым по значимости фактором после курения, приводящим к развитию рака легких [1]. Согласно последним эпидемиологическим данным [2, 3] существует прямая взаимосвязь между возникновением рака легких и воздействием радона внутри помещений. Принимая во внимание тот факт, что в среднем человек проводит около 80 % времени внутри помещений, оценка объемной активности (ОА) радона и установление предельно допустимых уровней в атмосфере помещений является важнейшей задачей.

Основными источниками радона являются почва под зданием и материал строительной конструкции здания [4]. При этом принято полагать, что почва под зданием является преобладающим источником радона в атмосфере помещений. Однако при некоторых условиях поступление радона из строительных конструкций является доминирующим, а уровни объемной активности радона при этом остаются значительными.

В ходе обследования жилищ, проведенного Институтом промышленной экологии УРО РАН с 2007 по 2009 гг. [5], были проведены измерения ОА радона в 404 квартирах, расположенных в многоэтажных зданиях города Екатеринбурга. Основная часть измерений проводилась в зданиях, построенных с 1950 по 1989 гг., четверть зданий были построены в последние два десятилетия. В целом выборка жилищ, сформированная для радонового обследования г.Екатеринбурга, является представительной по объему и структуре. При анализе результатов измерения ОА радона учтены требования Норм радиационной безопасности-99 согласно которым среднегодовая эквивалентная равновесная активность радона в воздухе помещений эксплуатируемых зданий не должна превышать уровень  $100 \text{ Бк/м}^3$  (который соответствует ОА радона  $200 \text{ Бк/м}^3$ ).

Сравнение средних характеристик в подвыборках квартир с учетом года постройки здания представлено в табл. 1. Соотношение величин  $\sigma_{LN}$  свидетельствует о том, что на первых

этажах типовых зданий условия поступления радона менее однородны. Можно предположить существенный вклад переноса радона из почвенного воздуха в общее поступление [5].

Особое внимание было уделено относительно повышенным уровням ОА радона на верхних этажах зданий (от 70 до 230 Бк/м<sup>3</sup>), полученным в результате измерений в домах, построенных за последние двадцать лет (91 квартира). Эти здания принимались в эксплуатацию в период действия норматива для новых проектируемых зданий, в соответствии с которым ОА не должна превышать 200 Бк/м<sup>3</sup>.

Таблица 1

Сравнение средних характеристик ОА радона в подвыборках квартир на первом этаже и на верхних этажах многоквартирных зданий

Этаж	Среднее арифм., Бк/м <sup>3</sup>	Среднее геометр., Бк/м <sup>3</sup>	$\sigma_{LN}$
в зданиях, построенных в 1950 - 1989 г.			
первые этажи	57	38	1,4
верхние этажи	35	27	0,85
в зданиях, построенных после 1990 г.			
верхние этажи	51	34	0,96

Наблюдаемые отличия в уровнях ОА радона для различных групп помещений позволили высказать предположение о связи накопления радона с особенностями строительных технологий (новые виды строительных материалов и используемого для их изготовления сырья, повышенная герметичность оболочки здания и др.).

Учитывая приведенные факторы, были поставлены следующие задачи исследования:

1. Натурные измерения объемной активности радона в зданиях, построенных по современным технологиям.
2. Проведение оценки динамики ОА радона в зависимости от погодных условий и режима содержания помещения.
3. Лабораторные исследования строительных материалов и исходного сырья.
4. Моделирование поступления радона на основании данных лабораторных исследований и натурных измерений.

1. Проведение измерений и обработка экспериментальных данных

*1.1. Натурные измерения объемной активности радона*

Для дополнительного исследования влияния современных строительных материалов была выделена группа жилищ в зданиях, построенных с использованием преимущественно монолитного бетона либо газобетонных блоков. Продолжительность экспонирования

интегрирующих радиометров радона в атмосфере помещения составила два месяца. Методика измерений не отличается от методики радонового обследования г. Екатеринбурга приведенной в работе [5].

В этой группе, состоящей из 20 зданий, получены следующие значения ОА радона:

Таблица 2

Сравнение средних характеристик ОА радона в зданиях, построенных по современным технологиям

Этаж	Среднее арифм., Бк/м <sup>3</sup>	Среднее геометр., Бк/м <sup>3</sup>	$\sigma_{LN}$
в зданиях, построенных из монолитного бетона			
верхние этажи	102	82	0,71
в зданиях, построенных из газобетона			
нижние этажи	90	78	0,57

Таким образом, средние значения ОА радона в группе зданий, построенных за последнее время, вдвое превышают ОА радона в здания с периодом застройки 1950-1989 гг. (табл. 1), что подтверждает предположение о влиянии новых строительных технологий на уровни накопления радона в помещениях.

### 1.2. Определение механизмов поступления радона в помещение и параметров воздухообмена

Поступление радона в помещение в основном обусловлено двумя механизмами [6]: диффузионным, обусловленным наличием градиента объемной активности радона в среде, и конвективным, вызванным наличием разности давлений между внутренним объемом здания и внешней атмосферой. Для выяснения источников и механизмов поступления радона в помещения была проведена серия продолжительных непрерывных измерений объемной активности радона в двенадцати действующих помещениях в г. Екатеринбурге и его окрестностях. В результате был разработан метод, позволяющий определить доминирующий механизм поступления радона в помещение [7].

Существенное влияние на величину ОА радона оказывает скорость воздухообмена между внешней средой и помещением [7]. Основными причинами возникновения воздухообмена между внутренним объемом здания и внешней атмосферой при отсутствии источников принудительной вентиляции являются разность температур между оболочкой здания и наружной атмосферой и ветровой напор. Низкая температура наружного воздуха приводит к возникновению отрицательной разности давлений между зданием и наружной атмосферой. Поскольку температура воздуха в помещении выше, чем снаружи, возникает подъемная сила,

приводящая к движению воздуха в верхнюю часть здания. Чем ниже температура вне здания, тем выше подъемная сила воздуха внутри. Теплый воздух утекает из здания (эксфильтрация) через открытые участки в оболочке здания – окна, щели. Чтобы компенсировать эту потерю воздуха, наружный воздух натекает в здание (инфильтрация). При этом натекание может иметь место как за счет неплотностей в оболочке здания, сообщающейся с внешней атмосферой, так и за счет поступления почвенного воздуха с повышенным содержанием радона.

Для определения параметров воздухообмена в зданиях, построенных по современным технологиям, были проведены продолжительные натурные измерения объемной активности радона. Для проведения измерений был выбран радон-монитор AlphaGUARD, позволяющий проводить непрерывные измерения объемной активности радона, атмосферного давления и температуры в помещении и работающий в диффузионном режиме измерений. В качестве интервала измерений было выбрано значение в 60 минут. При помощи AlphaGUARD MultisensorUnit, проводилось измерение разницы температур и давлений между оболочкой здания и наружной атмосферой.

Суть метода заключается в непрерывном измерении активности радона, температуры или фиксированной разности температур (давлений) снаружи и внутри помещений с шагом в один час. Как правило, помещения находятся в двух типичных состояниях: активном (при активной деятельности человека в помещении) и стационарном состоянии, когда люди покидают помещение в конце рабочего дня или ложатся спать. В стационарном состоянии естественный воздухообмен в помещении, как правило, меньше, чем в активном режиме, и при этом происходит накопление радона в помещении. Накопление активности представляет собой процесс с выходом на насыщение, обусловленный скоростью поступления радона в помещение и кратностью воздухообмена в стационарном состоянии. Предлагаемый метод анализа можно рассматривать как аналог метода накопительной камеры, предложенного в работе [9], то есть использовать при обработке измерений не значение ОА радона в помещении при окончании экспонирования, а всю кривую накопления.

Используя метод определения параметров поступления радона в помещение [7], были получены оценки значения кратности воздухообмена (КВО) в помещении: в диапазоне от 0,1 до 0,3 ч<sup>-1</sup> для стационарного режима содержания помещения, от 0,5 до 1,2 ч<sup>-1</sup> для активного.

Проведенное исследование [7] подтвердило гипотезу о том, что на верхних этажах, в многоэтажных жилых домах, построенных по современным технологиям, преобладает диффузионный механизм поступления радона в помещения. В связи с этим было выдвинуто предположение о том, что причиной такого эффекта могут быть новые технологии строительства, использующие мелкодисперсные материалы (песок, отсев, шлак или золу) в качестве наполнителей несущих конструкций и стеновых материалов. В качестве сырья для

производства газобетона используется зола, поэтому для него можно было ожидать повышенные уровни коэффициентов эманирования и диффузии.

### 1.3. Лабораторные исследования строительных материалов и исходного сырья

Для установления вклада современных строительных материалов (газобетона и монолитного бетона) в ОА района в помещениях, были проведены лабораторные исследования образцов сырья и готовой продукции. При помощи сцинтилляционного гамма-радиометра РКГ-АТ1320 в соответствии с модифицированным методом измерения удельной активности [8] был проведен анализ радиационных характеристик строительных материалов: зола, цемент, известь, алюминиевая пудра (по 6 проб каждого исходного материала); 10 проб готовых газоблоков; 12 проб, залитых из монолитного бетона. Произведено определение удельной активности естественных радионуклидов (радий  $^{226}\text{Ra}$ , торий  $^{232}\text{Th}$ , калий  $^{40}\text{K}$ ). Полученные результаты приведены в табл. 3.

Таблица 3

Радиационные характеристики строительных материалов

№ п/п	Наименование материала	Активность, Бк/кг				
		Cs-137	K-40	Ra-226	Th-238	Эффективная удельная активность ЕРН $A_{эфф}$
1	цемент ЦЕМ I 42,5 Н	0	172±52	65±14	7±5	89±10
2	известь молотая	0	0	23±6	0	23±6
3	зола-уноса	0	167±53	34±10	34±8	89±11
5	твинблоки ТБ200-5п (газобетон)	0	128±45	23±8	19±6	58±7
6	твинблоки ТБ100-5п (газобетон)	0	107±35	22±7	20±5	58±7
7	монолитный бетон	0	658±137	55±12	29±7	149±19

Измеренная  $A_{эфф}$  для всех материалов не превышает 370 Бк/кг (материалы I класса – материалы, используемые в строящихся и реконструируемых жилых и общественных зданиях). Были определены коэффициенты эманирования радона для готовых строительных материалов: для монолитного бетона коэффициент эманирования составил 0,17; для газобетона 0,22.



#### 1.4. Моделирование поступления радона

Для проверки того, что наблюдаемые при натуральных измерениях средние значения ОА радона могут быть полностью обусловлены диффузионным переносом радона из материалов строительных конструкций, было выполнено моделирование для двух помещений (табл. 4). Помещения имеют кардинальные различия: первое помещение было целиком построено из газобетонных блоков, второе помещение имело стены и заливку плит перекрытия из монолитного бетона, за исключением внешней ограждающей теплоизоляционной стены, построенной из газобетона.

Таблица 4

Характеристики помещений и период измерений

Характеристика	Помещение 1	Помещение 2
Тип здания	2-этажное, газобетон	16-этажное, монолитный бетон
Вентиляция	естественная, кондиционер	естественная
Кратность воздухообмена, ч <sup>-1</sup>	0,31	0,28
Средняя ОА радона за период измерений, Бк/м <sup>3</sup>	107	143
Этаж	2 этаж	6 этаж
Объем помещения, м <sup>3</sup>	55,4	110,8
Период измерений	15.08.2012	24.01.2012
	– 31.10.2012	– 14.08.2012

Для выполнения моделирования был использован программный пакет RESRAD-Building, предназначенный для оценки доз облучения людей, находящихся в зданиях и помещениях, содержащих различные источники ионизирующего излучения [10].

При расчете облучения человека за счет поступления радона в помещение предлагается схема расположения источников, представленная на рис. 1. Здесь источник 1 – плита перекрытия пола; источники 2-6 стены здания и плита перекрытия потолка.

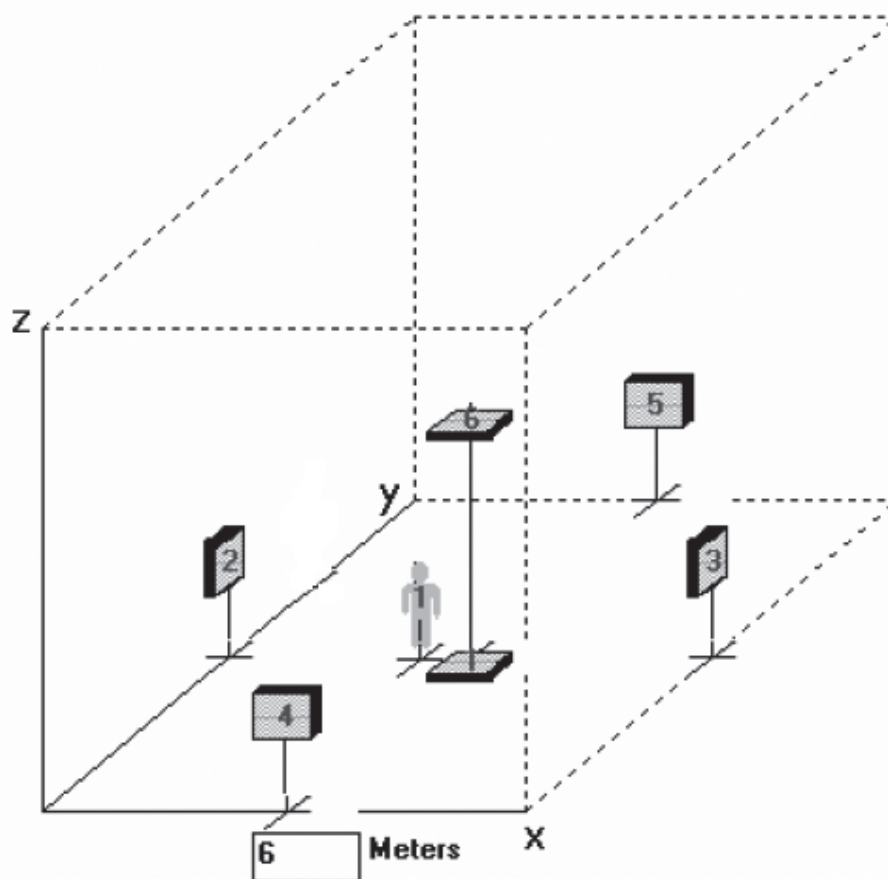


Рис. 1. Схема расположения источников при моделировании облучения человека  
ДПР (дочерние продукты распада) радона

На основании результатов моделирования были получены уровни ОА радона в помещениях  $A_{1расч} = 92 \text{ Бк/м}^3$  и  $A_{2расч} = 151 \text{ Бк/м}^3$ , которые хорошо соответствуют среднему экспериментальному значению ОА радона. Таким образом, проведенный расчет согласуется с предположением о доминирующем диффузионном пути поступления радона в помещение.

Был проведен анализ влияния изменения различных характеристик строительных материалов и режима содержания помещения на уровни ОА радона. В процессе моделирования варьировались такие параметры, как коэффициент диффузии радона в строительных конструкциях (в диапазоне  $1 \cdot 10^{-6} - 4 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$ ), коэффициент эманирования (0,16-0,28), пористость (0,05-0,75) и КВО (0,1-0,5  $\text{ч}^{-1}$ ). В результате моделирования было выяснено, что основной вклад в изменчивость ОА радона обусловлен изменениями КВО; следующий за ним параметр, но имеющий существенно меньшее влияние, это коэффициент эманирования. На рис. 2 приведена вариативная зависимость ЭРОА радона от КВО для помещения 1.

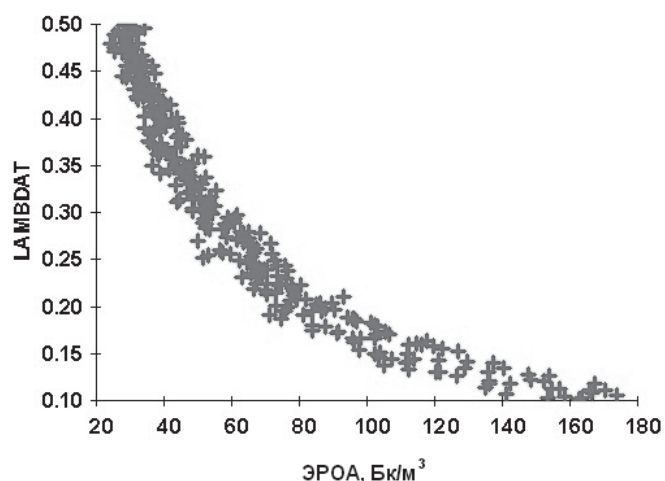


Рис. 2. Вариативная зависимость ЭРОА радона от КВО (помещение 1)

Кумулятивная плотность вероятности ЭРОА радона показана на рис.3. Следует отметить, что подобная ситуация наблюдается при использовании материалов, полностью соответствующих нормативным требованиям.

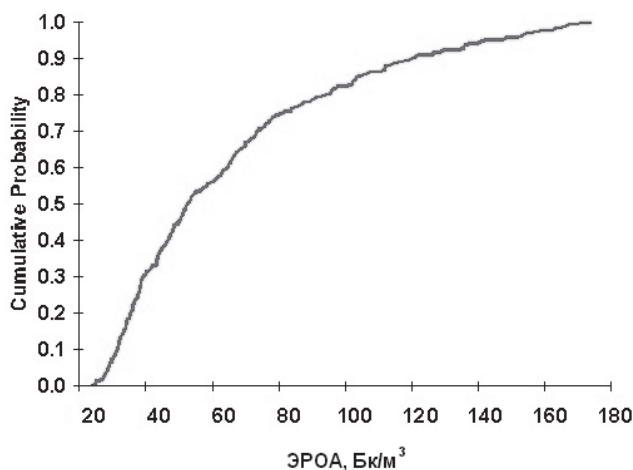


Рис. 3. Кумулятивная плотность вероятности ЭРОА радона (помещение 1)

## Выводы

Проведенные исследования позволяют выделить следующие ключевые моменты:

1. Использование современных технологий строительства приводит к тому, что уровни ОА радона приближаются к современным санитарным нормативам:

- использование монолитного бетона в качестве перекрытий, а в ряде случаев и несущих стен;
- замена пустотелых плит на монолитные плиты перекрытия и, как следствие, меньшее удаление радона;

- применение современных методов герметизации зданий (стеклопакеты, пенные уплотнители) и, как следствие, снижение кратности ВО.

Таким образом, даже при соблюдении требований к удельной активности строительных материалов уровни объемной активности радона в помещениях могут быть повышенными и в ряде случаев превышать санитарные нормативы. Согласно результатам моделирования при низкой КВО (менее  $0,2 \text{ ч}^{-1}$ ), обусловленной высокой герметизацией зданий, в помещении может наблюдаться превышение уровня ЭРОА радона в  $100 \text{ Бк/м}^3$  (являющимся нормативным уровнем ЭРОА радона в воздухе помещений эксплуатируемых зданий).

2. Измеренная  $A_{\text{эфф}}$  для используемых в строительстве материалов не превышает  $370 \text{ Бк/кг}$  (материалы I класса – материалы, используемые в строящихся и реконструируемых жилых и общественных зданиях). Эффективная удельная активность газобетона ( $58 \pm 7 \text{ Бк/кг}$ ) в шесть раз ниже предельного допустимого уровня в  $370 \text{ Бк/кг}$ .

3. Использование газобетона в качестве теплоизоляционных и ограждающих конструкций в многоэтажных монолитных домах не вносит ощутимого вклада в ОА радона внутри помещений.

В зданиях, построенных из газобетона (Теплит-хаусах), средняя ЭРОА радона внутри помещений, при соблюдении нормативных уровней КВО, более чем вдвое ниже установленного нормативного уровня.

4. Результаты исследований указывают на необходимость дополнительного нормирования удельной активности строительных материалов по радию.

Норматив в  $A_{\text{эфф}} = 370 \text{ Бк/кг}$  был введен для обеспечения защиты от гамма-излучения, поэтому он не обеспечивает допустимых уровней ОА радона. По нашим оценкам, содержание радия в строительных материалах при современных технологиях строительства не должно превышать величину порядка  $100 \text{ Бк/кг}$ .

5. В процессе проектирования и строительства здания КВО должна быть обеспечена в эксплуатируемом помещении на нормативном уровне не ниже  $0,35 \text{ ч}^{-1}$ .

## ЛИТЕРАТУРА

1 HajoZeeb, FeridShannoun. WHO handbook on indoor radon: a public health perspective. World Health Organization, 2009.

2 Darby S, Hill D, Auvinen A, Barros-Dios JM, Baysson H, Bochicchio F, Deo H, Falk R, Forastiere F, HakamaM, et.al. Radon in homes and lung cancer risk: a collaborative analysis of individual data from 13 European case-control studies. British Medical Journal, v. 330, 2005. p. 223 - 227.

- 3 Krewski D, Lubin JH, Zielinski JM, Alavanja M, Catalan VS, Field RW, Klotz JB, Letourneau EG, LynchCF, Lyon JI, et.al. Residential radon and risk of lung cancer: a combined analysis of seven North Americancase-control studies. *Epidemiology* (2005), 16. p. 137 - 145
- 4 Ярмошенко И.В., Жуковский М.В., Екидин А.А. Моделирование поступления радона в жилища // АНРИ. 1999. №4. С. 17-26.
- 5 Ярмошенко И.В., Онищенко А.Д., Жуковский М.В. Обследование уровней накопления радона в жилых зданиях города Екатеринбурга // Вопросы радиационной безопасности. 2010. №3(59). С. 62-69.
- 6 Радоновая безопасность зданий / М.В. Жуковский, А.В. Кружалов, В.Б. Гурвич, И.В. Ярмошенко. Екатеринбург: УрО РАН, 2000.
- 7 Жуковский М.В., Васильев А.В. Определение механизмов и параметров поступления радона в помещение. / НПП “Доза” // АНРИ. 2012. №1. С. 3-12.
- 8 Жуковский М.В., Новиков Д.В. Модифицированный метод измерения удельной активности Ra-226 в образцах грунта // АНРИ. 2011. №2. С. 25-30.
- 9 Модификация метода накопительной камеры для измерения плотности потока радона с поверхности почвы // М.В. Жуковский, Г.И. Донцов, А.О. Шориков, А.А. Рогатко // АНРИ. 1999. №3. С. 9-20.
- 10 Режим доступа: <http://web.ead.anl.gov/resrad/home2/Build.cfm>

А.А. ВИШНЕВСКИЙ, канд. техн. наук, ООО «Производственно-Строительное Объединение «Теплит»  
г. Екатеринбург

## **ОПТИМИЗАЦИЯ СВОЙСТВ АВТОКЛАВНОГО ГАЗОЗОЛОБЕТОНА ПОНИЖЕННОЙ ПЛОТНОСТИ**

Повышению объемов использования автоклавного ячеистого бетона (АЯБ) в современном строительстве способствует снижение плотности выпускаемых изделий [1]. В частности, некоторые производители в течение последних лет предлагают потребителям изделия из АЯБ с плотностью 300-400 кг/м<sup>3</sup>. Применение изделий пониженной плотности позволяет повысить теплотехнические свойства стен, снизить нагрузку на несущие конструкции здания, увеличить производительность работ. Однако при снижении плотности уменьшаются прочностные характеристики и повышается усадка изделий. В этой связи для повышения энергоэффективности строительных и сохранения несущей способности конструкций

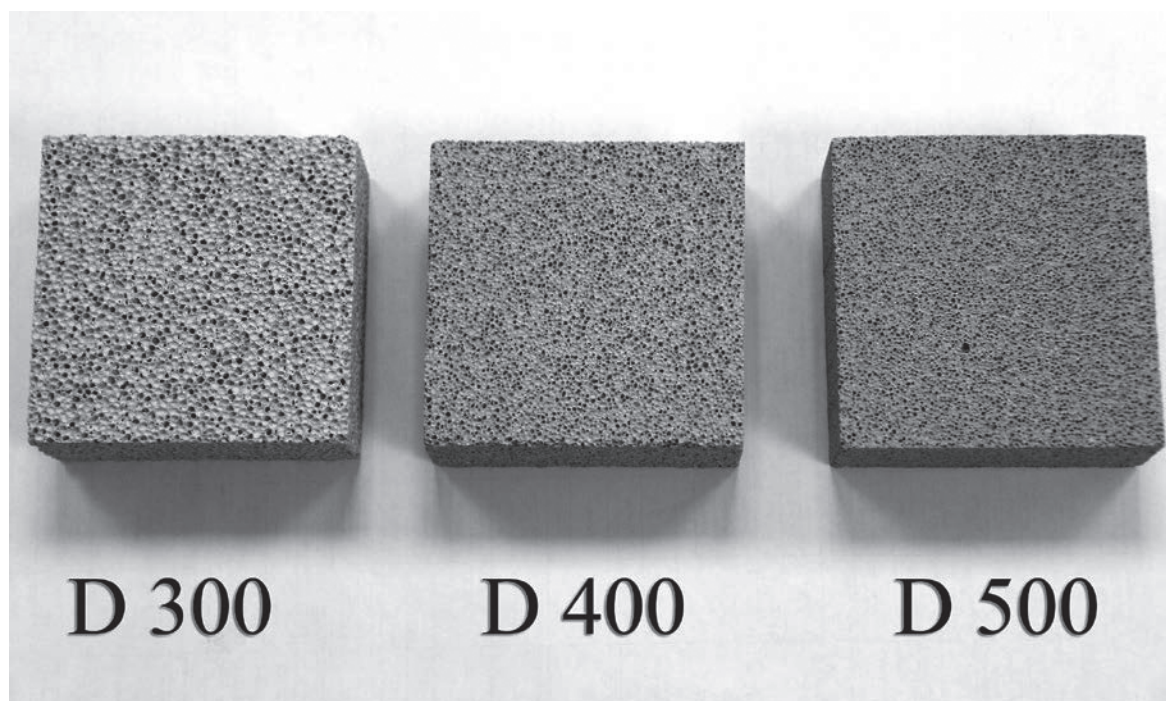
производителям АЯБ необходимо решать задачи по оптимизации свойств ячеистого бетона пониженной плотности.

На ООО «ПСО «Теплит» первые партии автоклавного газозобетона плотностью 400 кг/м<sup>3</sup> были выпущены в 2009 г. При этом более широкое производство данного материала началось только в 2011 г., когда выпущенный газобетон начал успешно применяться при строительстве 8 очереди жилого комплекса «Университетский» и ряда коттеджных поселков.

В 2012 г. был реализован комплекс мероприятий, направленных на оптимизацию свойств газозобетона марки D400. В частности, были изменены требования к составу и качеству сырьевых компонентов. Для выпуска газобетона с пониженной плотностью используется высокомарочный бездобавочный портландцемент с началом схватывания 2 ч 30 мин, комовая известь со временем гашения более 3 мин, зола-уноса Рефтинской ГРЭС с удельной поверхностью  $S_{уд} = 300-320 \text{ м}^2/\text{кг}$  и температурой не более 40 °С. В качестве порообразователя применяются мелкодисперсные алюминиевые порошки с преобладающим размером частиц  $D_{50} = 20-25 \text{ мкм}$ .

Кроме этого, для повышения прочностных характеристик газобетона пониженной плотности и снижения его усадочных деформаций в состав газобетонной смеси предложено вводить гипсовый камень ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) в количестве 3 % от массы сухих компонентов. Известно, что добавка гипса интенсифицирует взаимодействие оксида кальция и кремнезема (извести и золы). В результате этого увеличивается количество низкоосновных гидросиликатов кальция – главных носителей прочности АЯБ, и прочность возрастает [2].

Также внесены изменения в технологический режим производства газобетона пониженной плотности, главным из которых стал отказ от использования «жестких» газобетонных смесей (с пониженным содержанием воды) и переход на литьевую технологию, предусматривающую формование газобетона из смесей с пониженной вязкостью. Это обеспечило более спокойный характер формирования структуры газобетона, выражающийся в медленном вспучивании смеси и её твердении.



Структура автоклавного газозолобетона различной плотности

Реализация перечисленных выше мероприятий привела к улучшению структуры и свойств автоклавного газозолобетона пониженной плотности и уменьшила недостатки, зафиксированные при выпуске данного материала ранее. В частности, структура газобетона характеризовалась повышенной однородностью и отсутствием крупных пор (раковин) (см. рис.). Сами поры приобрели более правильную сферическую форму. Также изменилось соотношение открытых и закрытых пор в сторону увеличения последних (табл. 1). Благодаря этому на 10 % снизилось водопоглощение газобетона.

Таблица 1

Пористость автоклавного газозолобетона марки D400

АГЗБ	Объем пор, мас. %			
	Полный	Открытые капиллярные поры	Открытые некапиллярные поры	Условно-закрытые поры
С добавкой гипса	83,9	31,6	6,4	45,9
Без добавки гипса	83,2	36,5	7,2	39,8

Кроме того, повысились прочностные характеристики газозолобетона: предел прочности на сжатие увеличился до 3,2 МПа, прочность на изгиб увеличилась до 0,6 МПа, что соответствует значению  $R_{изг}$  для газобетона марки D500 без гипса (табл. 2). Усадка при высыхании снизилась до 0,4 мм/м.

Таблица 2

Изменение свойств автоклавного газозолобетона марки D400

Характеристики	Требования ГОСТ 31359-2007	Фактические данные для газобетона марки D400	
		Без добавки гипса	С добавкой гипса
Класс по прочности при сжатии	B1,5	B2,0	B2,5
Предел прочности при изгибе, МПа	-	0,5	0,6
Коэффициент теплопроводности в сухом состоянии, Вт/м <sup>0</sup> С	0,106	0,105	0,097
Усадка при высыхании, мм/м	0,7	0,59	0,47
Морозостойкость, не менее	>F35	F100	F100

Положительное влияние проведенные мероприятия оказали и на огнестойкость газозолобетона с плотностью 400 кг/м<sup>3</sup>. В частности, определено, что при равномерно распределенной нагрузке 7,5 т/пог. м предел огнестойкости несущей стены составляет не менее REI 240. Это означает, что за 240 мин испытаний несущая стена из газозолобетона D400 при одностороннем непрерывном воздействии пламени не потеряла своей несущей способности ( $R$ ), целостности ( $E$ ) и теплоизолирующей способности ( $I$ ).

Проведенные мероприятия позволили не только улучшить свойства автоклавного газозолобетона марки D400, но и открыли возможность для начала производства АЯБ с плотностью менее 400 кг/м<sup>3</sup>. В настоящее время отработана технология производства газозолобетона с плотностью 300 кг/м<sup>3</sup>. Данный материал характеризуется коэффициентом теплопроводности 0,078 Вт/м<sup>0</sup>С и пределом прочности при сжатии 1,5-1,8 МПа, что соответствует классу по прочности B1,5. В соответствии с ГОСТ 31359 данный материал относится к конструкционно-теплоизоляционным материалам и может применяться для монтажа ограждающих конструкций различных зданий и сооружений. В отдельных случаях он



может применяться для утепления конструкций. Ограждающая конструкция из газозолобетона данной марки толщиной 300 мм обеспечит требуемое сопротивление теплопередаче и не будет нуждаться в дополнительном утеплении.

Таким образом, реализованные мероприятия позволили повысить прочностные характеристики автоклавного газозолобетона, снизить его водопоглощение и усадку при высыхании, тем самым повысив его конкурентные свойства и расширив область применения данного материала. Помимо технической составляющей немаловажным аргументом в пользу применения газобетона пониженной плотности является экономическая составляющая: стоимость газобетона марки D400 на 5-10 % ниже, чем стоимость традиционного газобетона марки D500. Другими словами, сегодня созданы все предпосылки для более широкого использования автоклавного газозолобетона пониженной плотности в строительстве.

## ЛИТЕРАТУРА

- 1 Сахаров Г.П. Развитие производства и повышение конструктивных свойств автоклавного ячеистого бетона и изделий на его основе // «Опыт производства и применения ячеистого бетона автоклавного твердения»: сб. докладов 7-й научно-практ. конференции. Брест, 2012. С. 32-35.
- 2 Людвиг У. Исследование механизма гидратации клинкерных минералов // 6-й межд. конгр. по химии цемента. М.: Стройиздат, 1997. Т. 2, кн.1. С. 104.

А.А. ВИШНЕВСКИЙ, канд. техн. наук, ФГАОУ ВПО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

Ф.Л. КАПУСТИН, проф., д-р техн. наук, ФГАОУ ВПО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

г. Екатеринбург

## **ВСЯ ПРАВДА О ЗОЛЕ**

Среди попутных продуктов промышленности одно из первых мест по объему выхода занимают золы и шлаки, образующиеся при сжигании угля, антрацита или горючих сланцев на тепловых электростанциях (ТЭС). Уголь (подобно нефти и газу) представляет собой органическое вещество, подвергшееся медленному разложению под действием биологических и

геологических процессов. Основа образования угля – остатки растений, произраставших миллионы лет назад.

Первоначально высшие растения образовывали органику болот – торф. Далее сформировавшийся пласт покрывался слоем минеральной породы и вместе с ней постепенно погружался в глубины земной коры. Там под воздействием высоких температур (до 350 °С) и давления происходило превращение: вначале торф становился бурым углем, затем – каменным и, в конечном итоге, антрацитом. Процесс трансформации торфа в антрацит сопровождался изменением содержания их основных элементов: количество углерода увеличивалось от 50 до 98 %, кислорода – снижалось от 25 до 1-2 %, водорода – уменьшалось от 6 до 1,5 %. Вместе с тем не во всех геологических регионах создавались условия для полного превращения торфа в антрацит. В зависимости от глубины залегания пласта процесс мог остановиться на любой стадии. По этой причине существуют буроугольные бассейны (Подмосковный, Канско-Ачинский), каменноугольные (Кузбасский, Экибастузский) или преимущественно антрацитовые (Восточный Донбасс) [1].

Перед подачей в топку уголь, как правило, обогащают посредством удаления минеральных компонентов с целью снижения зольности и измельчают. Далее он попадает в топку, где температура сгорания колеблется от 1000 до 1600 °С. Органическая составляющая угля сгорает, минеральная (несгорающая) образует твердые остатки: шлак (размером частиц более 0,25 мм) и мелкодисперсную золу-уноса, которая, продвигаясь по внутренним коммуникациям ТЭС вместе с газообразными продуктами сжигания, задерживается фильтрами (как правило, электрофильтрами) и попадает в золосборники. Далее сухая зола транспортируется в силос для выдачи потребителям с целью её дальнейшего промышленного использования (производство строительных материалов, дорожные работы и др.), либо смешивается с водой и вместе со шлаком в виде пульпы сбрасывается в золоотвал [1, 2].

По данным Всероссийского теплотехнического научно-исследовательского института, при сжигании твердых видов топлива ежегодно образуется 40-50 млн. т золошлаковых материалов (ЗШМ), при этом большая их часть попадает в золоотвалы [3]. В настоящее время в золоотвалах, расположенных на территории России, находилось более 1,5 млрд. т ЗШМ. На многих ТЭС выброс золы и шлака в год превышает 1 млн. т. Так, в частности, на Рефтинской ГРЭС ежегодно образуется около 5 млн. т ЗШМ, из них более 4,5 млн. т попадает в золоотвалы.

По самым скромным оценкам, запасов угля в России хватит не менее чем на 200 лет. Позиция государства на сегодняшний день состоит в том, чтобы увеличить потребление угля в стране, а природный газ продавать другим странам. В этой ситуации количество образующихся на ТЭС ЗШМ в ближайшее время будет повышаться, еще более загрязняя окружающую природную среду. Для более эффективной утилизации ЗШМ необходимо оценивать свойства

полученных золошлаковых продуктов, разрабатывать новые и совершенствовать существующие технологии их переработки, изучать влияние ЗШМ на жизнь и здоровье человека и окружающую природную среду.

**Песок или зола?** Одним из эффективных направлений использования ЗШМ является производство легких бетонов [4]. Традиционная технология получения автоклавного ячеистого бетона предусматривает использование в качестве кремнеземистого компонента кварцевого песка. В 50-х гг. прошлого столетия предложено использовать в качестве кремнеземистого компонента кислую золу-уноса, содержащую повышенное количество  $\text{SiO}_2$  и минимальное количество  $\text{CaO}$  (менее 10 %). Как показали исследования, введение кислой золы в состав ячеистого бетона приводило к снижению плотности, повышению его прочности и морозостойкости [5].

Разработка зольной технологии существенно расширила сырьевую базу для производства ячеистого бетона. Появилась возможность получения ячеистобетонных изделий (панели, перемычки, блоки и др.) в регионах, где имелся дефицит на высококремнеземистый кварцевый песок. Наличие дешевой кислой золы-уноса, ограниченность в выборе кварцевых песков, а также перечисленные выше технические преимущества предопределили активное развитие технологии получения газозолобетона в Свердловской области. Производство автоклавного газозолобетона в области началось в 1953 г. и продолжается по настоящее время.

Между тем помимо технико-экономических аспектов развитию зольных технологий ячеистого бетона способствовала необходимость решения экологических проблем, возникающих при функционировании угольных ТЭС. Речь идет о сокращении золоотвалов, что становилось возможным при массовом распространении зольных технологий.

Как отмечалось выше, на территории России при ТЭС расположено значительное количество отвалов ЗШМ, которые способствуют загрязнению воздушного и водного бассейнов и изменению химико-минерального состава почвы. Пыление золоотвалов загрязняет окружающую среду, отрицательно влияет на здоровье населения, а также на продуктивность сельскохозяйственных угодий. При сильном ветре превышение предельно допустимой концентрации золы в воздухе может иметь место на расстоянии до 4 км от золоотвала. Так, например, ежегодно на сельскохозяйственные площади, расположенные в радиусе 8-10 км от Рязанской ГРЭС, выпадает более 6 т золы на 1 км<sup>2</sup> [6].

Главной опасностью для окружающей среды является проникновение стоков из золоотвала в грунт, приводящее к поступлению загрязняющих веществ (тяжелые металлы, радиоактивные элементы и др.) в подземные воды, а с ними – в реки и водоемы и, в конечном итоге, в пищу человека. При выпадении кислых дождей интенсифицируются процессы

растворения ЗШМ, в результате чего еще больший объем опасных для жизни человека веществ проникает в различные водоемы. Исследования показывают значительное повышение заболеваемости у людей, проживающих вблизи угольных ТЭС [2].

На ТЭС разрабатываются и внедряются мероприятия по снижению негативного действия золоотвалов, которые, однако, полностью не исключают загрязнение окружающей среды. Европейский опыт показывает, что для улучшения экологической ситуации следует отбирать золу при сгорании угля в сухом виде и использовать ее в первую очередь в дорожном строительстве и производстве строительных материалов и изделий. По данным ассоциации «ЕСОВА», в странах ЕС перерабатывается до 90 % образующихся зол и лишь 10 % сбрасывается в золоотвалы [7]. В нашей стране переработке подвергается не более 5 % всех ЗШМ. Развитие зольных технологий производства строительных материалов способствовало бы снижению выбросов золы в золоотвалы, а значит, и уменьшению негативных последствий, связанных с этим.

Производство ячеистого золобетона остается одним из эффективных вариантов использования золы. В отличие от производства золобетона, при изготовлении ячеистого бетона на песке проблема золоотвалов не решается. Более того, происходит изъятие песка из земли с нарушением естественного земного покрова и ухудшением экологической обстановки. Технология зольного ячеистого бетона не предусматривает использование природных материалов, и по этой причине золобетон является более экологичным материалом, нежели ячеистый бетон на песке.

**Уникальная зола.** Главным фактором, сдерживающим применение некоторых зол, является их неоднородность по химическому составу и дисперсности. Другим недостатком является несгоревший уголь, оставшийся в золах. Повышенное содержание углерода в них приводит к замедлению твердения зольного бетона (за счет уменьшения скорости гидратации цемента) и может вызвать снижение его морозостойкости [4]. Также негативным фактором является наличие опасных примесей в составе золы.

Перечисленных недостатков лишена зола-уноса Рефтинской ГРЭС, полученная при сжигании каменного угля Экибастузского бассейна. Именно эта зола преимущественно использовалась в зольных технологиях, получивших распространение на территории Свердловской области.

По химическому составу зола Рефтинской ГРЭС на 90 % состоит из оксидов кремния и алюминия и является кислой (табл. 1). В сравнении с другими золами она содержит повышенное количество  $\text{SiO}_2$  и минимальное количество щелочей и  $\text{SO}_3$ . Кроме того, рефтинская зола

практически не содержит несгоревших частиц (углерода), а ее химический состав близок к среднему составу земной коры.

Таблица 1

Химический состав зол от сжигания углей основных бассейнов России

Угольный бассейн	Содержание, мас. %						
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO+MgO	SO <sub>3</sub>	R <sub>2</sub> O	Δm <sub>прк</sub>
Требование ГОСТ 25818	≥45	-	-	≤ 10	≤ 2	≤ 3	≤ 5
Подмосковный	45,8	33,8	9,1	4,6	1,8	0,9	3,5
Кузнецкий	54,0	23,5	7,0	9,5	0,6	4,1	1,2
Канско-Ачинский	31,0	13,0	17,0	35,0	1,0	1,0	1,0
Восточно-Сибирский	71,4	11,8	4,7	3,4	0,3	-	8,2
Экибастузский*	62,0	30,0	5,0	2,0	0,1	0,7	1,0
Среднее содержание элементов в земной коре	61,2	15,4	6,6	5,7	0,1	5,0	-

\* Приведен химический состав золы-уноса Рефтинской ГРЭС

По своему химическому составу рассматриваемая зола является достаточно однородной. Это прежде всего связано с тем, что, в отличие от многих ТЭС, на Рефтинской ГРЭС сжигается только экибастузский уголь. Другой причиной однородности состава рефтинской золы является высокая температура сгорания угля (1550-1600 °С), при которой его минеральные остатки плавятся и усредняются по химическому составу. Также на постоянство состава золы влияет последовательная очистка отходящих газов, применяющаяся на Рефтинской ГРЭС.

Из-за высокой температуры сгорания экибастузского угля получаемая зола представлена в основном (до 60 %) стекловидной фазой, а также кварцем, муллитом и другими минералами. Большинство стеклянных частиц имеют практически идеальную сферическую форму [3]. Размер зерен рефтинской золы в основном составляет 30-80 мкм, т.е. сопоставим с размером портландцемента. Благодаря высокому содержанию стеклофазы и тонкодисперсному состоянию зола обладает определенной активностью.

Рефтинская зола обладает пуццолановой активностью, т. е. способностью связывать при обычных температурах гидроксид кальция, образуя нерастворимые соединения. Благодаря этой особенности появляется возможность использовать ее в качестве минеральной добавки в составе цементов, а также в бетонах для связывания Ca(OH)<sub>2</sub>, образующегося при гидратации портландцемента [5]. Помимо увеличения прочности и экономии вяжущего, при введении золы

достигается снижение водоотделения и расслаиваемости бетонной смеси, повышение коррозионной стойкости и морозостойкости бетона, улучшение поверхности изделий [8].

Эффект пуццоланизации применяется также и в технологии автоклавного ячеистого бетона, где кислая зола вступает во взаимодействие с СаО извести, образуя гидратные соединения различного состава (в основном гидросиликаты кальция) [4]. При этом отмечается, что зола за счет преимущественно аморфной структуры обладает более высокой пуццоланической активностью по сравнению с кристаллическим кварцевым песком [8]. Это позволяет добиться лучших физико-механических показателей зольного ячеистого бетона в сравнении с ячеистым бетоном на песке, в частности, более высоких показателей прочности и морозостойкости.

Таким образом, зола-уноса Рефтинской ГРЭС в отличие от других зол не содержит вредных примесей и характеризуется высокой однородностью состава. Рефтинская зола обладает повышенной пуццолановой активностью и может эффективно применяться вместо кварцевого песка при производстве автоклавного ячеистого бетона и других строительных материалов.

**Безопасна ли зола?** Этот вопрос возникает каждый раз, когда сравниваются продукты, изготовленные на золе, с аналогичной продукцией на природных материалах (песке, глине и др.). Противники зольных материалов чаще всего на первый план выносят проблему их радиоактивности. Попробуем разобраться, являются ли золы и изделия на их основе радиоактивными.

Радиоактивность – это способность химических элементов самопроизвольно излучать  $\alpha$ - и  $\beta$ -частицы и (или)  $\gamma$ -кванты вследствие радиоактивных превращений (радиоактивный распад, деление ядер атомов). Радионуклидом называют радиоактивный атом с данным массовым числом и атомным номером, для которого характерны спонтанные радиоактивные превращения. В настоящее время известны как естественные радионуклиды (ЕРН) (природные, существовавшие в природе изначально), так и искусственные (техногенные). К естественным радионуклидам относят три радиоактивных семейства: урана–радия, тория и актиния.

Каждое из семейств образует цепочку радионуклидов, в которой последующий нуклид становится продуктом распада предыдущего (см.рисунок). У каждого из них есть родоначальник и конечный продукт распада [2].

Вид излучения	Нуклид	Период полураспада	Вид излучения	Нуклид	Период полураспада
α	Уран-238	4,47 млрд. лет	α	Свинец-214	26,8 минут
β	Торий-234	24,1 сут	β	Висмут-214	19,7 минут
β	Протактиний-234	17 минут	β	Полоний-214	0,000164 секунды
α	Уран-234	245 000 лет	α	Свинец-210	22,3 лет
α	Торий-230	8 000 лет	β	Висмут-210	5,01 сут
α	Радий-226	1 600 лет	β	Полоний-210	138,4 сут
α	Радон-222	3,823 сут	α	Свинец-206	Стабильный
α	Полоний-218	3,05 минут			

Пример цепочки распада изотопа U-238 (семейство урана-радия)

Радиоактивность любого изотопа характеризуется числом распадов атомов в секунду. Единица радиоактивности получила название Беккерель. Радиоактивность, отнесенную к массе вещества, называют удельной активностью радионуклида (A). Для оценки радиоактивности строительного материала используют удельную эффективную активность ЕРН (A<sub>эф</sub>), представляющую собой суммарную удельную активность ЕРН (A) с учетом их влияния на организм человека. В соответствии с ГОСТ 30108 A<sub>эф</sub> определяется по формуле

$$A_{эф} = A_{Ra} + 1,31A_{Th} + 0,085A_k,$$

где A<sub>Ra</sub>, A<sub>Th</sub>, A<sub>k</sub> – удельная активность радия, тория, калия соответственно, Бк/кг.

Уголь всегда содержит природные радиоактивные вещества уранового, актиноуранового и ториевого рядов, а также радиоактивный изотоп <sup>40</sup>K [2]. Однако содержание этих элементов в угле меньше, чем их среднее содержание в земной коре [9]. В работе [1] сообщается, что из указанных радионуклидов калий быстро выводится из организма человека (т. е. не накапливается), поэтому его не считают опасным. Торий способен накапливаться в костях скелета и костном мозге человека и практически не выводится из организма. Период его полувыведения (уменьшение содержания на 50 % после однократного поступления) составляет десятки лет. Уран выводится заметно быстрее и период его полувыведения составляет 450 суток.

При сгорании угля радионуклиды конденсируются на поверхности золы, вследствие этого зола становится более радиоактивной, чем уголь. Так, например, содержание урана в золе по отношению к углю увеличивается от 2,5 до 6 раз [2]. В некоторых случаях радиоактивность золы может превышать допустимые значения. В частности, при сжигании подмосковных углей образуется зола, характеризующаяся радиоактивностью более 370 Бк/кг (в отдельных пробах до

520 Бк/кг). При этом отмечается, что не все золы одинаково радиоактивны. Например, при сжигании кузбасских углей радиоактивность получаемой золы не превышает 40 Бк/кг.

В работе [1] сообщается, что радиоактивность ЗШМ зависит от используемого на ТЭС топлива, так как угли разных бассейнов отличаются по концентрации радионуклидов из-за геологических причин. Связано это с глубиной их залегания (чем глубже величина залегания, тем вероятнее более высокие значения радиоактивности), а также с возможным окислением углей. В природных условиях уголь довольно часто окисляется, поэтому у него появляется способность к химическим взаимодействиям. Например, если подземные воды содержат уран, то в угле будет происходить его накопление и со временем концентрация урана повысится.

Кроме этого, на радиоактивность золы оказывает влияние степень очистки отходящих газов ТЭС. На угольных ТЭС России средняя эффективность их очистки не превышает 95 % (в Европе 99 %) [3]. Загрязнение золы радиоактивными элементами повышается с увеличением её дисперсности [2]. Высокодисперсные частицы не улавливаются очистными системами и выбрасываются в атмосферу. В работе [10] сообщается о том, что наиболее опасные элементы, включая ртуть, концентрируются как раз в той фракции зольных частиц, которая не улавливается электрофильтрами. По этой причине не все опасные элементы из угля попадают в золу.

Информация о радиоактивности зол, полученных при сжигании углей разных бассейнов, представлена в табл. 2 [3, 11].

Таблица 2

Результаты радиологического исследования углей разных бассейнов  
и золы-уноса, получаемой при их сжигании

Угольный бассейн	Удельная активность, Бк/кг						Удельная эффективная активность золы, $A_{эф}$ , Бк/кг
	$^{40}\text{K}$		$^{226}\text{Ra}$		$^{232}\text{Th}$		
	уголь	зола	уголь	зола	уголь	зола	
Интинский	152	420	15	39	18	37	123
Райчихинский	137	399	38	89	34	90	240
Нерюнгринский	67	180	38	142	35	160	365
Харанорский	61	404	24	83	19	67	204
Лучегорский	47	334	21	89	10	70	209
Экибастузский	30	141*	19	29	15	40	94

\* Приведены данные для золы-уноса Рефтинской ГРЭС



Показано, что зола-уноса Рефтинской ГРЭС, полученная при сжигании экибастузского угля, по сравнению с другими золами характеризуется наименьшими значениями показателей удельной активности ЕРН. Проведенное в работе [12] всестороннее изучение радиоактивности экибастузских зол с использованием радиохимических, калориметрических и  $\gamma$ -спектрометрических методов показали, что данные золы могут использоваться без ограничений при производстве строительных материалов и изделий. К такому же выводу пришли авторы работы [15]. Проведенные ими исследования показали, что рефтинская зола является экологически чистой в радиационном отношении.

Необходимо отметить, что радиоактивностью обладают все без исключения строительные материалы, произведенные на основе природных материалов (табл. 3).

Таблица 3

Удельная эффективная активность ЕРН  $A_{эф}$  строительных материалов

Вид строительного материала	Удельная активность $A_{эф}$ , Бк/кг
Известняк, мрамор	40-45
Гипсовый камень	43-55
Кирпич силикатный	40-66
Газозолобетон*	70-90
Портландцемент	80-120
Песок, гравий	183
Кирпич глиняный	150-350
Плитка керамическая	200-360
Гранит	150-420
Глинозем	496

\* Представлены данные газозолобетона ООО «ПСО «Теплит»

Наиболее опасен в этом отношении гранит. Высокие показатели по радиоактивности имеет и глиняный кирпич. Это связано со способностью некоторых горных пород, в том числе и глин, накапливать радиоактивные вещества. При этом в работе [3] отмечается, что радиоактивность, исходящая от строительных материалов, составляет лишь малую долю в сравнении с другими источниками (например, от радона, поступающего из грунта). Даже при увеличенной радиоактивности золы-уноса в несколько раз, относительно существующих норм, она не может оказывать заметного влияния на здоровье человека, т. к. «разбавляется» другими материалами. В этом случае радиоактивность остается сравнимой с уровнем естественного фона при необходимом проветривании помещения.

**Применение золы.** Одним из эффективных направлений применения золы-уноса является производство ячеистого бетона [4, 13]. В Свердловской области строительство зданий

и сооружений с применением газозобетона активно проводится в течение последних 50 лет. Так, с 60-х годов прошлого века завод железобетонных изделий имени Ленинского комсомола выпускал железобетонные конструкции для домов 141 серии, предусматривающие наружные стены в виде панелей из газозобетона. В результате этого половина жилищного фонда г. Екатеринбурга построена с использованием автоклавного газозобетона на основе золы Рефтинской ГРЭС.

Безусловным лидером в производстве автоклавного газозобетона на сегодняшний день является Производственно-Строительное Объединение «Теплит». Два завода объединения ежегодно перерабатывают до 250 тыс. т золы, выпуская до 500 тыс. м<sup>3</sup> мелких стеновых блоков (твинблоков).

Другим приоритетным направлением является использование золы в качестве минеральной добавки в бетоны. Кислая зола, обладающая пуццолановыми свойствами, улучшает удобоукладываемость бетонной смеси и повышает некоторые эксплуатационные свойства бетонов, о чем говорилось выше.

Несколько заводов по производству сухих смесей используют кислую золу-уноса Рефтинской ГРЭС для получения строительных смесей (клей, штукатурные составы и др.). Отмечается, что с введением золы повышаются прочностные характеристики, морозостойкость, улучшаются пластические свойства смесей. Предприятия по производству керамического кирпича используют ЗШМ в качестве отошающей добавки в составе шихты. При этом используется золошлаковая смесь из золоотвалов ТЭС. Кроме этого, известны технологии применения зол в дорожном строительстве, в производстве силикатного кирпича и портландцемента, в качестве самостоятельного медленнотвердеющего вяжущего и др.

В заключение хотелось бы отметить, что около 70 % всей электроэнергии России вырабатывается при сжигании твердого топлива – углей, горючих сланцев и торфа, в результате чего образуется более 40 млн. тонн в год ЗШМ. Уровень их использования не превышает 5 %. При этом уже сегодня разработаны и применяются эффективные технологии, позволяющие перерабатывать ЗШМ и выпускать из них качественные и безопасные изделия, снижать экологический ущерб, наносимый природе, как за счет уменьшения вредного воздействия отвалов ЗШМ, так и за счет неиспользования природного сырья. Применение попутных продуктов от сжигания твердого топлива способствует не только экономии материальных ресурсов, но и способствует снижению вредного влияния загрязненной окружающей природной среды на жизнь и здоровье человека.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Кизильштейн Л.Я. Уголь и радиоактивность // Химия и жизнь. 2006. № 2. С. 24-29.
- 2 Гордиенко В.А. Введение в экологию / По материалам сайта [www.nuclphys.sinp.msu.ru](http://www.nuclphys.sinp.msu.ru). 2009.
- 3 Зырянов В.В. Зола-уноса – техногенное сырье. М.: ИИЦ «Маска», 2009. 319 с.
- 4 Иванов И.А. Легкие бетоны с применением зол электростанций. М.: Стройиздат, 1986. 136 с.
- 5 Применение зол и топливных шлаков в производстве строительных материалов / А.В. Волженский [и др.]. М.: Стройиздат, 1984. 255 с.
- 6 Эколого-гигиенические аспекты оценки дозообразующих факторов облучения населения». По материалам сайта [www.neznaniya.net](http://www.neznaniya.net).
- 7 Вале Ж. Использование зольной пыли в производстве бетона // Сб. докладов межд. конф. по бетонным технологиям. СПб., 2006.
- 8 Белякова Ж.С. Экологические, материаловедческие и технологические аспекты применения зол ТЭС в бетоне // Строительные материалы. 2001. № 3.
- 9 Зиелински Р. Радиоактивные элементы в угле и золе: содержание, формы и экологическое значение / По материалам сайта [www.pubs.er.usgs.gov](http://www.pubs.er.usgs.gov). 1997.
- 10 Ondov J.M. Emissions and particle size distributions of minor and trace elements from two western coal fired power plants equipped with coal side electrostatic precipitators.
- 11 Естественная радиоактивность экибастузских углей и их зольных остатков / Г.С. Возженников, С.А. Игумнов, Ю.В. Белыйшев, Е.Г. Возженников // «Известия вузов. Горный журнал». 1992. № 5. С. 1-6.
- 12 Дубровина Н.И. Оценка естественной радиоактивности сухой золы тепловых станций в связи с использованием её в строительстве // тез. докладов науч.-практ. конф. Свердловск: УПИ, 1987. С. 73-75.
- 13 Гладких К.В. Изделия из ячеистых бетонов на основе шлаков и зол. М.: Стройиздат, 1976. 255 с.

ГАГАРИН В.Г., д-р техн. наук, чл-кор. РААСН  
КОЗЛОВ В.В., канд. техн. наук; НИИСФ РААСН  
ПАСТУШКОВ П.П., НИИСФ РААСН,  
г. Москва

## **НОРМИРОВАНИЕ ТЕПЛОЗАЩИТЫ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ В АКТУАЛИЗИРОВАННОЙ РЕДАКЦИИ СНиП «ТЕПЛОВАЯ ЗАЩИТА ЗДАНИЙ»**

Актуализация СНиП 23-02 «Тепловая защита зданий» выполнялась на основе редакции этого документа 2003 г. [1]. При проведении актуализации СНиП необходимо было решить несколько задач, главные из которых заключаются в следующем:

- сохранить основные понятия и, по возможности, требования редакции СНиП 23-02-2003;
- повысить энергоэффективность проектируемых зданий за счет неиспользованных резервов;
- провести гармонизацию СНиП с зарубежными нормами;
- включить в СНиП наиболее необходимые методики расчета нормируемых теплофизических показателей;
- устранить выявленные недостатки СНиП 23-02-2003;
- создать предпосылки для возможности использования СНиП в проектировании новых ограждающих конструкций с повышенными теплозащитными свойствами;
- заложить основы для дальнейшего развития нормирования теплофизических свойств ограждающих конструкций.

Основное внимание специалистов при разработке и обсуждении актуализированной редакции СНиП было обращено на нормирование теплозащиты зданий и расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий. Краткому изложению этих вопросов и обоснованию принятых решений посвящена данная статья.

В актуализированной редакции СНиП нормирование теплозащиты зданий и расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий осуществляется тремя видами требований: требования к теплозащите отдельных ограждений, требования к теплозащите оболочки здания (к совокупности всех наружных ограждающих конструкций) и требования к расходу тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания.

### **Поэлементные требования к ограждающим конструкциям**

Во-первых, следует отметить, что подход к повышению энергоэффективности зданий исключительно за счет повышения требуемого сопротивления теплопередачи стен является

тупиковым и экономически необоснованным. Ссылка на зарубежный опыт в данном вопросе не является убедительной, поскольку в зарубежных нормах нормируются коэффициенты теплопередачи только по глади конструкции, т.е. без учета теплопроводных включений. Этим и объясняются те высокие значения, которые там представлены. Например, в нормах Дании [2] отсутствуют какие бы то ни было данные о влиянии теплопроводных включений, кроме двух видов (из более чем десяти) – оконных откосов и заделки фонарей, а также сопряжения стены с цоколем. В России же нормируется приведенное сопротивление теплопередаче, отражающее влияние всех «мостиков холода». Так же при решении данной проблемы следует учитывать и региональные особенности. Поэтому поэлементные требования к ограждающим конструкциям в актуализированном СНиП представлены табл. 4 из СНиП 23-02-2003 [1] с учетом п. 5.13. Согласно этому пункту требуемые значения сопротивлений теплопередаче ограждающих конструкций  $R_o^{тп}$  из указанной таблицы допускается корректировать. В актуализированном СНиП коррекция нормируемого значения сопротивления теплопередаче учитывает особенности регионов:

$$R_o^{норм} = R_o^{тп} \cdot m_p, \quad (1)$$

где  $R_o^{тп}$  – базовое значение требуемого сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции,  $м^2 \cdot ^\circ C / Вт$ , принимаемое в зависимости от градусо-суток отопительного периода;

$R_o^{норм}$  – нормируемое значение сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции,  $м^2 \cdot ^\circ C / Вт$ ;  $m_p$  – коэффициент, учитывающий особенности региона строительства, принимаемый для стен не менее  $m_p = 0,63$ , для светопрозрачных конструкций не менее  $m_p = 0,95$ , для остальных ограждающих конструкций не менее  $m_p = 0,80$ . Повышение данных значений коэффициента  $m_p$  для конкретного региона должно быть обосновано экономическим расчетом.

Фактическое ужесточение поэлементных требований в актуализированной редакции СНиП заключается в том, что в качестве обязательного приложения представлен значительно модернизированный метод расчета приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций. Он основывается на введении следующей формулы для расчета:

$$R_o^{нп} = \frac{1}{\sum U_i a_i + \sum \Psi_j l_j + \sum \chi_k n_k}, \quad (2)$$

где  $R_o^{нп}$  – приведенное сопротивление теплопередаче фрагмента теплозащитной оболочки здания,  $м^2 \cdot ^\circ C / Вт$ ;  $U_i$  – коэффициент теплопередачи однородной  $i$ -й части фрагмента теплозащитной оболочки здания (удельные потери теплоты через плоский элемент  $i$ -го вида),  $Вт / (м^2 \cdot ^\circ C)$ ;  $a_i$  – площадь плоского элемента конструкции  $i$ -го вида, приходящаяся на  $1 м^2$

фрагмента теплозащитной оболочки здания, или выделенной ограждающей конструкции,  $\text{м}^2/\text{м}^2$ ;  
 $l_j$  – протяженность линейной неоднородности  $j$ -го вида, приходящаяся на  $1 \text{ м}^2$  фрагмента теплозащитной оболочки здания, или выделенной ограждающей конструкции,  $\text{м}/\text{м}^2$ ;  
 $\Psi_j$  – удельные потери теплоты через линейную неоднородность  $j$ -го вида,  $\text{Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$ ;  
 $n_k$  – количество точечных неоднородностей  $k$ -го вида, приходящихся на  $1 \text{ м}^2$  фрагмента теплозащитной оболочки здания, или выделенной ограждающей конструкции,  $\text{шт}/\text{м}^2$ ;  
 $\chi_k$  – удельные потери теплоты через точечную неоднородность  $k$ -го вида,  $\text{Вт}/^\circ\text{C}$ .

Данные нововведения объясняются тем, что метод расчета приведенного сопротивления теплопередаче, представленный в СП 23-101-2004 «Проектирование тепловой защиты зданий», является по существу полуэмпирическим и зачастую дает завышенные результаты, вследствие неполного учета всех теплопроводных включений, имеющих в современных ограждающих конструкциях. Теоретическое обоснование модернизированного метода расчета (давно применяемого в НИИСФ) приведено в [3]. Так же этот метод расчета гармонизирован с методами, применяемыми в Германии [4].

К поэлементным требованиям в актуализированной редакции СНиП относятся также санитарно-гигиенические требования невыпадения конденсата на внутренней поверхности ограждающих конструкций в местах расположения теплопроводных включений и ограничения температуры на поверхностях заполнения светопроемов.

### Требование к оболочке здания

Это требование ограничивает тепловые потери через оболочку здания [5], т. е. через совокупность всех ограждающих конструкций и обосновано следующим выводом. Потери теплоты через оболочку здания описываются при небольшом упрощении формулой:

$$Q = \left( \sum \frac{A_i}{R_{o,i}^{np}} \right) \cdot \text{ГСОП} \cdot 24/1000, \quad (3)$$

где  $Q$  – потери теплоты зданием за отопительный период,  $\text{кВт}\cdot\text{ч}/\text{год}$ ;  $A_i$  – площади наружных ограждений,  $\text{м}^2$ ;  $R_{o,i}^{np}$  – приведенные сопротивления теплопередаче соответствующих наружных ограждений,  $\text{м}^2\cdot^\circ\text{C}/\text{Вт}$ ; ГСОП – градусо-сутки отопительного периода,  $^\circ\text{C}\cdot\text{сут.}/\text{год}$ ;  $V$  – отапливаемый объем здания, ограниченный рассматриваемой совокупностью ограждающих конструкций,  $\text{м}^3$ ;  $A_n^{\text{сум}}$  – суммарная площадь всех наружных ограждающих конструкций,  $\text{м}^2$ .

Преобразование уравнения (3) дает:

$$\begin{aligned} Q &= 0,024 \cdot \text{ГСОП} \cdot \left( \sum \frac{A_i}{R_{o,i}^{np}} \right) = 0,024 \cdot \text{ГСОП} \cdot V \cdot \frac{A_n^{\text{сум}}}{V} \cdot \left( \sum \frac{A_i}{R_{o,i}^{np}} \right) / A_n^{\text{сум}} = \\ &= 0,024 \cdot \text{ГСОП} \cdot V \cdot K_{\text{ком}} \cdot K_{\text{общ}} = 0,024 \cdot \text{ГСОП} \cdot V \cdot k_{\text{об}} \end{aligned}$$

$$k_{об} = K_{комп} \cdot K_{общ}, \quad (4)$$

$$\text{где} \quad K_{комп} = \frac{A_n^{сум}}{V}, \quad K_{общ} = \left( \sum \frac{A_i}{R_{o,i}^{тп}} \right) / A_n^{сум}.$$

Величина  $k_{об}$  – удельная характеристика, которую предложено называть «теплозащитной», Вт/(м<sup>3</sup>·°С). Физический смысл этого параметра заключается в том, что он численно равен количеству тепловой энергии, теряемой за счет теплопередачи через оболочку здания 1 м<sup>3</sup> отапливаемого объема здания в единицу времени (в секунду) при перепаде температуры воздуха в 1 °С. Если умножить удельную теплозащитную характеристику на ГСОП и на размерный коэффициент 0,024, то получится количество тепловой энергии в кВт·ч, которое теряется через оболочку здания 1 м<sup>3</sup> отапливаемого объема за отопительный период, если это количество умножить на высоту этажа, то получится «удельный расход тепловой энергии на отопление здания», обусловленный теплопотерями через оболочку здания, измеряемый в кВт·ч/(м<sup>2</sup>·год).

Удельную теплозащитную характеристику здания (под другим названием) было предложено использовать для нормирования теплопотерь через оболочку здания еще в 30-х годах XX века [6]. Можно отметить, что попытки нормировать общий коэффициент теплопередачи оболочки здания  $K_{общ}$  или коэффициент компактности здания  $K_{комп}$  (например, в МГСН 2.01-99), нельзя признать состоятельными, поскольку они не полностью характеризуют теплозащитные свойства оболочки здания, в отличие от удельной теплозащитной характеристики здания  $k_{об}$ .

В актуализированной редакции СНиП введено нормирование удельной теплозащитной характеристики здания. Нормирование осуществляется путем сравнения: расчетная величина должна быть не больше нормируемой (требуемой):  $k_{об} \leq k_{об}^{тп}$ .

Требуемая удельная теплозащитная характеристика рассчитывается по формуле:

$$k_{об}^{тп} = \begin{cases} \frac{4,74}{0,00013 \cdot \text{ГСОП} + 0,61} \cdot \frac{1}{\sqrt[3]{V_{от}}} & V_{от} \leq 960 \\ \frac{0,16 + \frac{10}{\sqrt{V_{от}}}}{0,00013 \cdot \text{ГСОП} + 0,61} & V_{от} > 960 \end{cases} \quad (5)$$

Формула (5) была слегка скорректирована в результате обсуждения первой редакции СНиП (первоначальная версия была представлена в [5]). Для удобства использования в СНиП представлена таблица (табл. 1) нормируемых значений  $k_{об}^{тп}$ , табулированная по формуле (5). Методика расчета удельной теплозащитной характеристики здания представлена в обязательном приложении к СНиП.

Таблица 1

Нормируемые значения удельной теплозащитной характеристики здания

Отапливаемый объем здания, $V_{от}, \text{м}^3$	Значения $k_{об}^{тр}, \text{Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$ , при значениях ГСОП, $^\circ\text{C} \cdot \text{сут}/\text{год}$				
	1000	3000	5000	8000	12000
300	0,957	0,708	0,562	0,429	0,326
600	0,759	0,562	0,446	0,341	0,259
1200	0,606	0,449	0,356	0,272	0,207
2500	0,486	0,360	0,286	0,218	0,166
6000	0,391	0,289	0,229	0,175	0,133
15000	0,327	0,242	0,192	0,146	0,111
50000	0,277	0,205	0,162	0,124	0,094
200000	0,269	0,182	0,145	0,111	0,084

Если здание имеет форму, близкую к эталонной, и сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций близки к нормируемым значениям, то его теплозащитная характеристика не превысит требуемое значение, определенное по формуле (5). Если же здание будет иметь более сложную форму, например развитую поверхность стен, то его теплозащитная характеристика может превосходить требуемое значение. Тогда для удовлетворения рассматриваемого требования необходимо будет увеличить сопротивления теплопередаче отдельных ограждающих конструкций здания.

**Требование к расходу тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания**

В актуализированной редакции СНиП 23-02 выполнено совершенствование расчета показателя энергоэффективности здания. Анализ методики расчета «удельного расхода тепловой энергии на отопление здания», используемой в СНиП 23-02-2003, показал, что расчетная величина,  $q_{от}^p$  фактически может измеряться в  $\text{Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$  и представляется в виде:

$$q_{от}^p = [k_{об} + k_{вент} - (k_{быт} + k_{рад}) \cdot \nu \cdot \zeta] \cdot (1 - \xi) \cdot \beta_h, \quad (6)$$

где  $k_{об}$  – удельная теплозащитная характеристика здания,  $\text{Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$ , определяемая по формуле (4);  $k_{вент}$  – удельная вентиляционная характеристика здания,  $\text{Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$ ;  $k_{быт}$  – удельная характеристика бытовых тепловыделений здания,  $\text{Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$ ;  $k_{рад}$  – удельная характеристика тепlopоступлений в здание от солнечной радиации,  $\text{Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$ ;  $\beta_h, \nu, \zeta$  – коэффициенты, определенные в приложении Г в СНиП 23-02-2003, которые характеризуют систему отопления и не связаны со свойствами ограждающих конструкций;  $\xi$  – коэффициент, учитывающий снижение тепlopотребления жилых зданий при наличии поквартирного учета тепловой энергии



на отопление, принимается до получения статистических данных фактического снижения  $\xi = 0,1$ .

Расчетные формулы для  $k_{\text{вент}}$ ,  $k_{\text{быт}}$  и  $k_{\text{рад}}$  берутся из методики расчета в приложении Г СНиП 23-02-2003 [1].

Параметр  $q_{\text{от}}$  назван в актуализированной редакции СНиП «удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания». Этот параметр и принят в актуализированной редакции СНиП в качестве «показателя энергетической эффективности здания». Требование к показателю энергетической эффективности здания выглядят традиционно: расчетное значение должно быть не больше нормируемой величины:  $q_{\text{от}}^{\text{р}} \leq q_{\text{от}}^{\text{нр}}$ .

Таблица нормируемых значений удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания (табл. 2) получена умножением на 0,0116 соответствующих значений табл. 9 из [1]. Пересчет осуществлялся исходя из следующего соотношения единиц измерения:  $\text{кДж}/(\text{м}^3 \cdot \text{C} \cdot \text{сут}) = \frac{1000}{24 \cdot 3600} \frac{\text{Вт}}{\text{м}^3 \cdot \text{C}} = 0,0116 \text{Вт}/(\text{м}^3 \cdot \text{C})$ .

$$\text{измерения: } \text{кДж}/(\text{м}^3 \cdot \text{C} \cdot \text{сут}) = \frac{1000}{24 \cdot 3600} \frac{\text{Вт}}{\text{м}^3 \cdot \text{C}} = 0,0116 \text{Вт}/(\text{м}^3 \cdot \text{C}).$$

По рассчитанному значению удельной характеристики расхода тепловой энергии вычисляется удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию по формуле:

$$q = 0,024 \cdot \text{ГСОП} \cdot q_{\text{от}}^{\text{р}}, \text{ кВт ч}/(\text{м}^3 \cdot \text{год}), \text{ либо}$$

$$q = 0,024 \cdot \text{ГСОП} \cdot q_{\text{от}}^{\text{р}} \cdot h, \text{ кВт ч}/(\text{м}^2 \cdot \text{год}).$$

Расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию зависит от климатической характеристики региона строительства, в отличие от удельной характеристики.

При актуализации методики расчета удельного расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию была ликвидирована ошибка, которая была в СНиП 23-02-2003 [1]. Ошибка заключается в том, что требования, представленные в табл. 9 из [1], даны для всех видов зданий на единицу объема. Но только в первой строке (для многоэтажных жилых зданий, гостиниц и общежитий) данные представлены и на единицу объема, и на единицу площади. Причем в качестве площади принята «сумма площадей пола квартир или полезной площади здания». Последнее обстоятельство вызывает несоответствие требований, представленных в одной и той же строке. Эта ошибка, попавшая в Московские нормы МГСН 2.01-99, приводит к завышению расчетных значений потребления энергии зданием. Предложения о ликвидации ошибки и расчете удельного расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию, отнесенную к объему здания, давно обсуждались (например, в [7]). После обсуждения первой редакции СНиП было решено использовать в качестве площади «сумму площадей этажей здания, измеренных в пределах внутренних поверхностей наружных стен», в соответствии с СНиП 31-01 «Здания жилые многоквартирные». Эта же площадь используется и в нормах ФРГ [8].

Таким образом, представленный в актуализированной редакции СНиП подход позволил избежать логических просчетов в СНиП 23-02-2003 [1] при расчете удельного расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию и в то же время сохранить базовые нормы энергетической эффективности зданий.

Формула (6) показывает, что удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания является линейной комбинацией четырех удельных характеристик здания. При этом используются четыре коэффициента, значения которых назначены с неизвестной погрешностью и из соображений, практически не связанных с ограждающими конструкциями.

Кроме этого, три из четырех удельных характеристик в правой части (6) существенно зависят от особенностей эксплуатации здания и не могут быть адекватно рассчитаны на стадии проектирования. Рассчитываются лишь некоторые модели теплопотерь вследствие вентиляции, теплопоступлений от бытовых источников и теплопоступлений от солнечной радиации. Эти модели далеки от реальных процессов, происходящих в здании. На этом фоне удельная теплозащитная характеристика здания может быть достаточно точно спрогнозирована на стадии проектирования, поскольку в расчет этой характеристики не входят климатические показатели, особенности поведения жильцов дома, надежность работы системы отопления и т. д. Это обстоятельство явилось предпосылкой для ее отдельного нормирования, что и было реализовано в актуализированной редакции СНиП.

В описанной системе нормирования теплозащиты и энергетической эффективности в актуализированном СНиП «Тепловая защита зданий» [9] повышение требований к энергетической эффективности зданий осуществляется за счет:

- нормирования метода расчета приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций;

- нормирования удельной теплозащитной характеристики здания.

Эти мероприятия позволят задействовать резервы повышения теплозащиты зданий в основном за счет:

- проектирования конструкций с пониженным влиянием теплотехнических неоднородностей;

- проектирования зданий с оптимальными архитектурно-планировочными решениями.

В то же время они не вызовут существенного удорожания стоимости строительства.

Таблица 2

Нормируемая (базовая) удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий за отопительный период  $q_{от}^{TP}$  зданий, Вт/(м<sup>3</sup>·°С)

Тип здания	Этажность здания							
	1	2	3	4, 5	6, 7	8, 9	10, 11	12 и выше
1. Жилые многоквартирные, гостиницы, общежития	0,455	0,414	0,372	0,359	0,336	0,319	0,301	0,290
2. Общественные, кроме перечисленных в строках 3-6 таблицы	0,487	0,440	0,417	0,371	0,359	0,342	0,324	0,311
3. Поликлиники и лечебные учреждения, дома-интернаты	0,394	0,382	0,371	0,359	0,348	0,336	0,324	-
4. Дошкольные учреждения, хосписы	0,521	0,521	0,521	-	-	-	-	-
5. Сервисного обслуживания, культурно-досуговой деятельности, технопарки, склады	0,266	0,255	0,243	0,232	0,232	-	-	-
6. Административного назначения (офисы)	0,417	0,394	0,382	0,313	0,278	0,255	0,232	0,232

Методика расчета показателя энергетической эффективности зданий по своему содержанию практически соответствует методике в СНиП 23-02-2003 (с небольшими изменениями, в частности, ликвидирована ошибка определения площади), но по форме видоизменена с целью удобства использования ее в практических расчетах и анализах показателя энергетической эффективности. Система нормирования обладает потенциалом для развития. Наиболее важным при этом представляется переход зависимости от этажности при нормировании показателя энергетической эффективности к зависимости от объема здания.

#### ЛИТЕРАТУРА

- 1 СНиП 23-02-2003. «Тепловая защита зданий». М.: Госстрой, 2004.
- 2 Bygningsreglementet 2010. (<http://www.ebst.dk/bygningsreglementet.dk/forside/0/2>).
- 3 Гагарин В.Г. Теоретические предпосылки расчета приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций / В.Г. Гагарин, В.В. Козлов // Строительные материалы. 2010. № 12. С. 4-12.

4 DIN 4108 Beiblatt 2. Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Wärmebrücken – Planungs- und Ausführungsbeispiele.

5 Гагарин В.Г. О комплексном показателе тепловой защиты оболочки здания // Журнал АВОК. 2010. № 4. С. 52-60.

6 Нормы определения теплопотерь через ограждения зданий и расчетных температур. ОСТ 90008-39. Комитет по делам строительства при СНК Союза ССР. М.,-Л., 1939.

7 Котин В.Я. Об использовании показателей объемов и площадей жилых зданий в удельных эксплуатационных расходах энергоносителей // Промышленное и гражданское строительство. 2010. № 12. С. 27-28.

8 Energiesparverordnung (EnEV) 2009. Energiesparverordnung Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden.

9 Гагарин В.Г. Требования к теплозащите и энергетической эффективности в проекте актуализированного СНиП «Тепловая защита зданий» // Жилищное строительство. 2011. № 8. С. 2-6.

А.С. ГОРШКОВ, канд. техн. наук, ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет»,

Г.И. ГРИНФЕЛЬД, Национальная Ассоциация производителей Автоклавного Газобетона,

П.Д. КУПТАРАЕВА, ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет»,

г. Санкт – Петербург

## **ОЦЕНКА ВЛАЖНОСТНОГО РЕЖИМА СТЕНОВОЙ ОГРАЖДАЮЩЕЙ КОНСТРУКЦИИ, ВЫПОЛНЕННОЙ ИЗ ГАЗОБЕТОННЫХ БЛОКОВ АВТОКЛАВНОГО ТВЕРДЕНИЯ С ОБЛИЦОВОЧНЫМ СЛОЕМ ИЗ ЛИЦЕВОГО СИЛИКАТНОГО КИРПИЧА, НА ОСНОВАНИИ РАСЧЕТА И НАТУРНЫХ ИСПЫТАНИЙ**

В работе анализируется влажностный режим стеновой конструкции, выполненной из газобетонных блоков с облицовочным слоем из силикатного кирпича без зазора между кладкой стен из газобетона и облицовкой. Приводятся краткое описание стеновой конструкции, технические и физико-механические характеристики слагающих стену материалов, расчет сопротивления паропрооницанию рассматриваемого типа стеновой конструкции в соответствии с требованиями раздела 9 СНиП 23-02-2003, график распределения парциального давления водяного пара по толщине стены, результаты четырехлетних натурных испытаний

рассматриваемой в работе стены с целью установления фактических показателей равновесной влажности газобетона и их сравнения с расчетными параметрами, принятыми в различных нормативных документах.

### **Описание стеновой конструкции**

Рассматриваемый в работе тип стенового ограждения состоит из следующих конструктивных слоев (см.рис. 1):

- кладка стен из газобетонных блоков со следующими характеристиками (данные по газобетону из технического паспорта):

- нормируемая плотность –  $500 \text{ кг/м}^3$  (D500);
- проектный класс бетона по прочности – В2;
- прочность – 3,4 МПа;
- морозостойкость – F35;
- размер изделия (длина×ширина×высота) –  $625 \times 400 \times 250$  мм;
- кладка на клею с толщиной швов  $2 \pm 1$  мм;

- коэффициент теплопроводности газобетона в условиях эксплуатации «Б» (при равновесной весовой влажности 5 %) –  $0,147 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$  (по табл. А.1 ГОСТ 31359 [1]);

- коэффициент теплотехнической однородности кладки  $r = 0,94$ , учитывающий в расчетах влияние швов кладки на приведенное сопротивление теплопередаче рассматриваемой конструкции стенового ограждения [2];

- наружный облицовочный слой из лицевого силикатного кирпича:

- условное обозначение изделия СОПЛ 150/75;
- водопоглощение – 11,7 %;
- морозостойкость – F75;
- коэффициент теплопроводности (по паспорту) –  $0,67 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$ ;
- размер изделия:  $250 \times 120 \times 65$  мм;
- кладка на растворе с толщиной швов 12 (-2; +3) мм.

В конструкции стены отсутствует зазор между облицовкой и газобетонной кладкой, а также отделочный слой на внутренней поверхности стены.

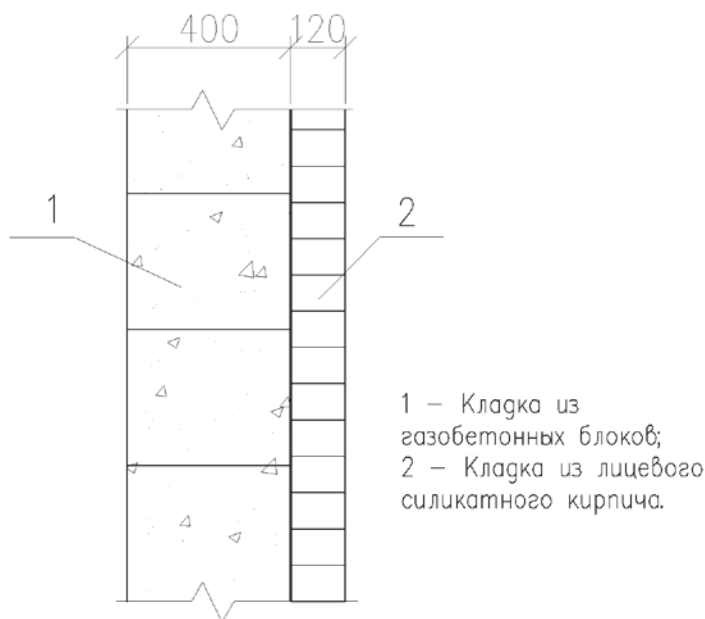


Рис. 1. Схематичное изображение конструктивного исполнения стены

### Расчет сопротивления паропрооницанию ограждающей конструкции

Ниже, в соответствии с требованиями раздела 9 СНиП 23-02 [1], произведен расчет сопротивления паропрооницанию конструкции стены, представленной на рис. 1. Расчет выполнен применительно к климатическим условиям г. Санкт-Петербурга для наружных стен жилых зданий. Требуется проверить соответствие сопротивления паропрооницанию  $R_{v,p}$  рассматриваемой ограждающей конструкции требованиям СНиП 23-02 и рассчитать распределение парциального давления водяного пара по толще стены и возможность образования конденсата в ней.

Расчетная температура  $t_{int}$  и относительная влажность  $\varphi_{int}$  внутреннего воздуха были приняты в соответствии с требованиями ГОСТ 30494 [2] и СНиП 23-02:  $t_{int} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $\varphi_{int} = 55 \text{ } \%$ . Расчетные параметры наружного воздуха (температура  $t_{ext}$  и относительная влажность  $\varphi_{ext}$ ) для климатических условий Санкт-Петербурга приняты согласно СНиП 23-01 [3]:

- $t_{ext} = -7,8 \text{ }^\circ\text{C}$  для наиболее холодного месяца (по табл. 3\* [3]);
- $\varphi_{ext} = 86 \text{ } \%$  (по табл. 1\* [3]).

Влажностный режим помещений – нормальный; зона влажности для г. Санкт-Петербурга – влажная, тогда условия эксплуатации определяются по параметру «Б» (согласно СНиП 23-02). Расчетные теплотехнические показатели блоков из автоклавного газобетона для условий эксплуатации «Б» приняты по табл. А.1 ГОСТ 31359 [4].

Расчет нормируемого сопротивления паропроницанию ограждающей конструкции производят по СНиП 23-02 с учетом следующего требования (п. 9.1).

Сопротивление паропроницанию  $R_{v,p}$  ограждающей конструкции в пределах от внутренней поверхности до плоскости возможной конденсации (ПВК) должно быть не менее наибольшего из следующих нормируемых сопротивлений паропроницанию:

- нормируемого сопротивления паропроницанию  $R_{v,p1}^{req}$  (из условия недопустимости накопления влаги в ограждающей конструкции за годовой период эксплуатации), определяемого по формуле:

$$R_{v,p1}^{req} = \frac{(e_{int} - E) \cdot R_{v,p}^e}{(E - e_{ext})}; \quad (1)$$

- нормируемого сопротивления паропроницанию  $R_{v,p2}^{req}$  (из условия ограничения влаги в ограждающей конструкции за период с отрицательными средними месячными температурами наружного воздуха), определяемого по формуле

$$R_{v,p2}^{req} = \frac{0,0024 \cdot (e_{int} - E_0)}{\rho_w \cdot \delta_w \cdot \Delta w_{av} + \eta}, \quad (2)$$

т. е. должно быть выполнено следующее условие  $R_{v,p} \geq \max(R_{v,p1}^{req}, R_{v,p2}^{req})$ . (3)

Далее излагается методика определения фактического и нормируемых сопротивлений паропроницанию рассматриваемой стеновой конструкции и их соответствие указанному требованию. Сопротивление теплопередаче рассматриваемой ограждающей конструкции с учетом влияния швов кладки на параметры ее теплотехнической однородности составит:

$$R^r = \frac{1}{\alpha_{int}} + r \cdot \frac{\delta_{Г.Б.}}{\lambda_{Б.}^{Г.Б.}} + \frac{1}{\alpha_{ext}} = \frac{1}{8,7} + 0,94 \cdot \frac{0,4}{0,147} + \frac{1}{23} = 2,9 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт}. \quad (4)$$

Определим термическое сопротивление слоя ограждения в пределах от внутренней поверхности стены до ПВК. Согласно Примечанию 3 п. 9.1 СНиП 23-02, ПВК в однородной (однослойной) ограждающей конструкции располагается на расстоянии, равном  $2/3$  толщины конструкции, от ее внутренней поверхности, а в многослойной конструкции совпадает с наружной поверхностью утеплителя. Представленную на рис. 1 конструкцию стены нельзя отнести к однородным однослойным, так как она конструктивно состоит из двух составных частей и материалов, обладающих различными механическими и физическими характеристиками. Кроме того, в данной конструкции стены газобетонная кладка выполняет, в том числе, теплоизоляционные функции (согласно ГОСТ 31359 изделия из газобетона марки по плотности D500 относятся к классу конструкционно-теплоизоляционных материалов). На

основании этих двух обстоятельств в расчетах приняли условно положение ПВК на границе раздела между газобетонной кладкой и облицовочным слоем, как это показано на рис. 2.

В этом случае термическое сопротивление слоев кладки от ее внутренней поверхности до ПВК составит

$$R_c = r \cdot \frac{\delta_{\Gamma.Б.}}{\lambda_{\Gamma.Б.}} = 0,94 \cdot \frac{0,4}{0,147} = 2,56 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}.$$

Установим для зимнего, весенне-осеннего и летнего периодов их продолжительность  $z_i$ , среднюю температуру  $t_i$  и рассчитаем соответствующую температуру в ПВК –  $\tau_i$  по формуле (Э.5) СП 23-101 [5]:

- зима (декабрь, январь, февраль):  $z_1 = 3$  мес.;

$$t_1 = \frac{(-5,0) + (-7,8) + (-7,8)}{3} = -6,9 \text{ °C}; \tau_1 = 20 - \frac{(20 + 6,9) \cdot (0,115 + 2,56)}{2,9} = -4,81 \text{ °C}.$$

- весна-осень (март, апрель, октябрь, ноябрь):  $z_2 = 4$  мес.;

$$t_2 = \frac{(-3,9) + 3,1 + 4,9 + (-0,3)}{4} = 1,0 \text{ °C}; \tau_2 = 20 - \frac{(20 - 1,0) \cdot (0,115 + 2,56)}{2,9} = 2,47 \text{ °C}.$$

- лето (май, июнь, июль, август, сентябрь, октябрь):  $z_3 = 5$  мес.;

$$t_3 = \frac{9,8 + 15,0 + 17,8 + 16,0 + 10,9}{5} = 13,9 \text{ °C}; \tau_3 = 20 - \frac{(20 - 13,9) \cdot (0,115 + 2,56)}{2,9} = 14,37 \text{ °C}.$$

По температурам  $\tau_i$  для соответствующих периодов определим по Приложению С.2 СП 23-101 парциальные давления водяного пара. Получим:

- для зимнего периода  $E_1 = 407$  Па;
- для весенне-осеннего периода  $E_2 = 730$  Па;
- для летнего периода  $E_3 = 1636$  Па.

По формуле (Э.4) СП 23-101 определим парциальное давление водяного пара  $E$  в ПВК за годовой период эксплуатации ограждающей конструкции для соответствующих продолжительностей периодов ( $z_1, z_2, z_3$ ):

$$E = \frac{(407 \cdot 3 + 730 \cdot 4 + 1636 \cdot 5)}{12} = 1027 \text{ Па}.$$

Сопротивление паропрооницанию  $R_{vp}^{ext}$  части ограждающей конструкции, расположенной между наружной поверхностью и ПВК, определяется по формуле:

$$R_{vp}^{ext} = \frac{0,12}{0,11} = 1,09 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/мг}.$$

Среднее парциальное давление водяного пара наружного воздуха  $e_{ext}$  за годовой период определяют по табл. 5\* СНиП 23-01:



$$e_{\text{ext}} = \frac{(330 + 320 + 390 + 570 + 800 + 1180 + 1460 + 1430 + 1090 + 760 + 550 + 420)}{12} = 775 \text{ Па.}$$

По формуле (1) определим нормируемое сопротивление паропрооницанию из условия недопустимости накопления влаги за годовой период эксплуатации:

$$R_{vp1}^{\text{req}} = \frac{(1286 - 1027) \cdot 1,09}{(1027 - 775)} = 1,12 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/мг.}$$

Для расчета нормируемого сопротивления паропрооницанию  $R_{vp2}^{\text{req}}$  из условия ограничения влаги за период с отрицательными средними месячными температурами наружного воздуха определяем продолжительность этого периода  $z_0$ , среднюю температуру  $t_0$  и рассчитываем температуру в ПВК  $\tau_0$  за этот период:

$$z_0 = 151 \text{ сут;}$$

$$t_0 = \frac{(-7,8) + (-7,8) + (-5,0) + (-3,9) + (-0,3)}{5} = -4,96 \text{ }^\circ\text{C;}$$

$$\tau_0 = 20 - \frac{(20 + 4,96) \cdot (0,115 + 2,56)}{2,9} = -3,02 \text{ }^\circ\text{C.}$$

Парциальное давление водяного пара  $E_0$  в ПВК при данной температуре ( $-3,02 \text{ }^\circ\text{C}$ ) составляет 475 Па.

В рассматриваемой ограждающей конструкции увлажняемым слоем является кладка стен из газобетонных блоков. В данном случае, при плотности  $\rho_w = \rho_0 = 500 \text{ кг/м}^3$  и толщине увлажняемого слоя ограждающей конструкции  $\delta_w = 0,4 \text{ м}$ , предельно допустимое приращение расчетного массового отношения влаги в газобетоне, согласно требованиям табл. 12 СНиП 23-02, составляет  $\Delta w_{\text{ав}} = 6 \text{ \%}$ . Средняя упругость водяного пара наружного воздуха периода с отрицательными средними месячными температурами (ноябрь-март) составляет  $e_0^{\text{ext}} = 402 \text{ Па}$ .

Коэффициент  $\eta$  определяется по формуле (20) СНиП 23-02:

$$\eta = \frac{0,0024 \cdot (475 - 402) \cdot 151}{1,09} = 24,27.$$

Определим  $R_{vp2}^{\text{req}}$  (по формуле (17) СНиП 23-02):

$$R_{vp2}^{\text{req}} = \frac{0,0024 \cdot 151 \cdot (1286 - 475)}{(500 \cdot 0,4 \cdot 6 + 24,27)} = 0,24 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/мг.}$$

Рассчитаем сопротивление паропрооницанию (от внутренней поверхности до ПВК) конструкции стены, представленной на рис. 1:

$$R_{vp} = \frac{0,4}{0,2} = 2,0 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/мг.}$$

При сравнении полученного значения  $R_{vp}$  с нормируемыми величинами делаем заключение, что условие (3) выполняется:

$$R_{vp} > R_{vpl}^{req} > R_{vp2}^{req}.$$

**Следовательно, рассмотренная в настоящем примере ограждающая конструкция удовлетворяет требованиям СНиП 23-02 (раздел 9) в отношении сопротивления паропрооницанию.**

Для проверки конструкции на наличие зоны конденсации внутри стены определим полное сопротивление паропрооницанию стены  $R_{vp}$  (по формуле (79) СП 23-101):

$$R_{vp} = \frac{0,4}{0,2} + \frac{0,12}{0,11} = 3,09 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/мг}.$$

Вычислим парциальное давление водяного пара внутри и снаружи стены по формуле (Э.3) и Приложению С СП 23-101:

$$- t_{int} = 20 \text{ }^\circ\text{C}; \varphi_{int} = 55 \text{ \%}; \text{соответственно } e_{int} = (55/100) \cdot 2338 = 1286 \text{ Па};$$

$$- t_{ext} = -7,8 \text{ }^\circ\text{C}; \varphi_{ext} = 86 \text{ \%}; \text{соответственно } e_{ext} = (86/100) \cdot 315 = 271 \text{ Па}.$$

Определим по формуле (Э.5) СП 23-101 температуры  $\tau_i$  на границах слоев, нумеруя их от внутренней поверхности к наружной, и по этим температурам – максимальное парциальное давление водяного пара  $E_i$  по Приложению С [5]:

$$\tau_1 = 20 - \frac{(20 + 7,8) \cdot (0,115)}{2,9} = 18,9 \text{ }^\circ\text{C} \text{ – соответствующее данной температуре значение } E_1$$

= 2182 Па;

$$\tau_2 = 20 - \frac{(20 + 7,8) \cdot (0,115 + 2,56)}{2,9} = -5,64 \text{ }^\circ\text{C} \text{ – соответствующее данной температуре}$$

значение  $E_2 = 380$  Па;

$$\tau_3 = 20 - \frac{(20 + 7,8) \cdot (0,115 + 2,56 + 0,179)}{2,9} = -7,34 \text{ }^\circ\text{C} \text{ – соответствующее данной}$$

температуре значение  $E_3 = 329$  Па.

Рассчитаем действительные парциальные давления водяного пара  $e_i$  на границах слоев по формуле (Э.6) СП 23-101:

$$e_1 = 1286 \text{ Па};$$

$$e_2 = 1286 - \frac{(1286 - 271) \cdot 2,0}{3,09} = 629 \text{ Па};$$

$$e_3 = 271 \text{ Па}.$$

Результаты расчета применительно к климатическим условиям г. Санкт-Петербурга для наиболее холодного месяца графически представлены на рис. 2, где сплошной линией показано

распределение максимального парциального давления  $E_i$  водяного пара по толщине стены, пунктирной линией – действительного  $e_i$ . Как следует из представленного рисунка, точка пересечения кривых действительного и максимального парциальных давлений водяного пара отстоит на 87 мм от границы раздела газобетонной кладки и облицовочного слоя. В этом месте фактически и находится плоскость возможной конденсации (ПВК<sub>с</sub>), а не в полученном ранее, исходя из принятого допущения (ПВК<sub>о</sub>). В соответствии с изменением положения ПВК требуется повторно произвести проверку выполнения условия (3).

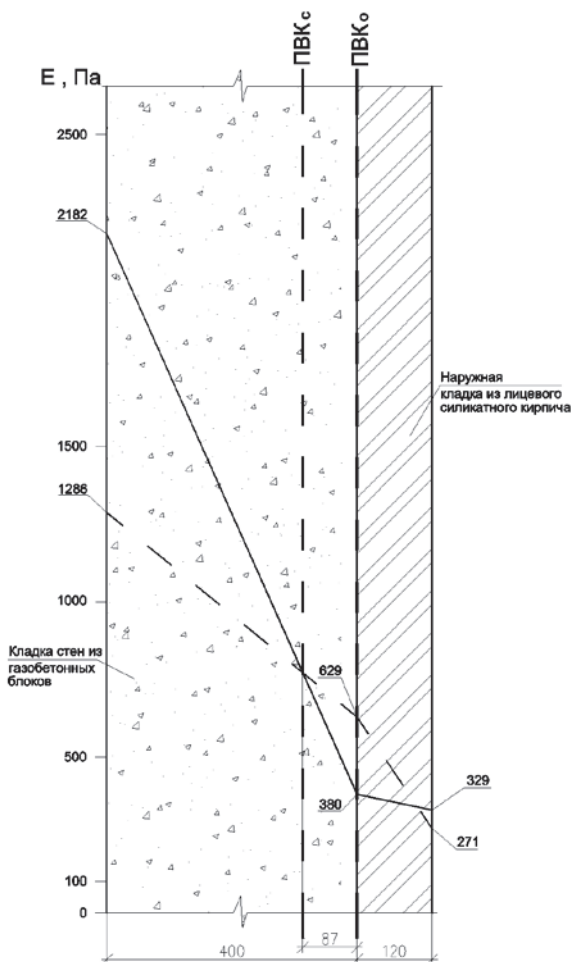


Рис. 2. Распределение парциального давления водяного пара в стеновой ограждающей конструкции из газобетонных блоков, облицованной снаружи лицевым слоем из силикатного кирпича

С учетом новых исходных условий результаты проверки условия (3) показывают, что:

- нормируемое сопротивление паропрооницанию (из условия недопустимости накопления

влаги в ограждающей конструкции за годовой период эксплуатации)  $R_{vD1}^{req} = 0,28 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}/\text{мг}$ ;

- нормируемое сопротивление паропрооницанию (из условия ограничения влаги в ограждающей конструкции за период с отрицательными средними месячными температурами наружного воздуха)  $R_{vp2}^{req} = 0,21 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}/\text{мг}$ ;

- сопротивление паропрооницанию ограждающей конструкции (в пределах от внутренней поверхности до ПВК, обозначенной на рис. 2 как ПВК<sub>с</sub>)  $R_{vp1} = 1,57 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}/\text{мг}$ .

Из представленных выше расчетов следует, что и в новых исходных условиях, полученных на основании анализа графических данных распределения давления водяного пара по толщине стены, условие (3) также выполняется. Несмотря на наличие зоны возможной конденсации, фактическое значение сопротивления паропрооницанию  $R_{vp}$  рассматриваемого типа стены выше нормируемых значений ( $R_{vp1}^{req}$ ,  $R_{vp2}^{req}$ ), следовательно, защита рассматриваемой на рис. 1 стеновой конструкции от влаги обеспечена.

Однако полученные результаты дают лишь приблизительное представление о расчетном массовом значении влажности газобетона. Более детальное представление о распределении влажности по толщине стеновой конструкции можно получить в результате проведения натурных исследований влажностного режима стен.

**Натурные испытания.** Конструкция наружного ограждения, представленная на рис. 1, с незначительными вариациями широко применяется на строительных объектах г. Санкт-Петербурга с 1998 г. При проектировании подобного типа стеновых конструкций длительное время отсутствовали корректное расчетное значение теплопроводности газобетона, зависящей не только от свойств самого материала, но и от равновесного значения влажности.

Данные о расчетной влажности газобетонного слоя представленной на рис. 1 двухслойной стеновой конструкции и соответствующей ей расчетной теплопроводности содержатся в различных нормативных документах [4-6] и имеют значительные расхождения. В работе [7] показано заметное влагонакопление в конструкциях, аналогичных описываемым, в отопительный период.

С целью изучения динамики изменения влажностного состояния рассматриваемой в настоящей работе двухслойной стены и установления равновесной влажности газобетонного слоя данной стеновой конструкции на территории Санкт-Петербургского зонального научно-исследовательского и проектного института жилищно-гражданских зданий (ранее ЛенЗНИИЭП) в одном из корпусов была встроена и с мая 2007 г. по настоящее время наблюдается наружная стена северо-восточной ориентации, ограждающая офисное помещение (см. рис. 3).



Рис. 3. Испытываемый фрагмент стеновой конструкции

Технология отбора проб из массива стены заключалась в следующем. Образцы газобетона цилиндрической формы специальным пробоотборником (см. рис. 4) с насечками, расположенными с шагом 5 см, выбуривались из испытываемой стеновой конструкции (см. рис. 5). Полученные таким образом цилиндры высотой по 5 см каждый укладывались в лабораторные емкости, взвешивались на электронных весах и помещались в сушильный шкаф (см. рис. 6). Испытания с целью определения влажности образцов проводились по методике ГОСТ 12852.2 [8].



Рис. 4. Пробоотборник



Рис. 5. Отбор проб



Рис. 6. Высушивание образцов

Газобетонный слой стены был выполнен из автоклавного газобетона, изготовленного по литьевой технологии и имевшего влажность после автоклавной обработки на уровне 35-40 %. Влажность газобетона по толщине стены после завершения этапа монтажа стеновой конструкции не контролировалась, но по результатам, полученным на основании испытаний случайного отбора образцов, составляла около 30 %.

В целом условия возведения испытываемой стеновой конструкции были максимально приближены к реальным условиям на строительной площадке: материал для возведения стен был заказан перед началом выполнения монтажных работ, строительные работы были начаты после установления необходимых для возведения стен температурных условий. В дальнейшем влажность контролировалась в среднем три раза в год: в начале отопительного периода, в его середине и в конце, а также несколько раз значения влажности по толщине стены контролировались в промежуточные периоды, например, в августе месяце.

При фактических погодных условиях 2007-2010 гг. в Санкт-Петербурге достижение равновесной влажности газобетона в рассматриваемой конструкции произошло за 3 года (рис. 7).

w, мас. %

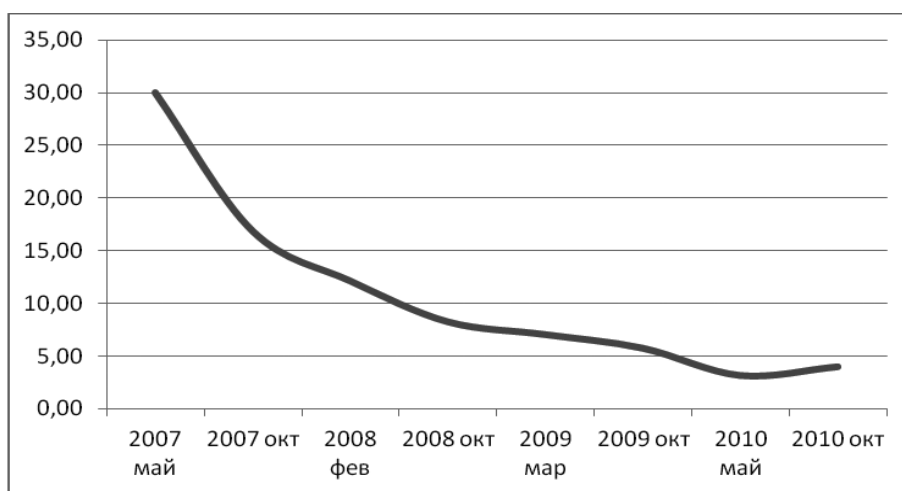


Рис. 7. Динамика изменения во времени среднего по толщине значения влажности газобетонного слоя в рассматриваемом типе ограждения

Кривые, представленные на рис. 8, показывают распределение влаги по толщине газобетонного слоя. Несмотря на наличие наружного кирпичного слоя с относительно высоким сопротивлением паропрооницанию, в отопительный период не происходит значительного увлажнения наружных слоев конструкционно-теплоизоляционного слоя двухслойной ограждающей конструкции, что подтверждается вышеприведенным расчетом.

W, мас. %

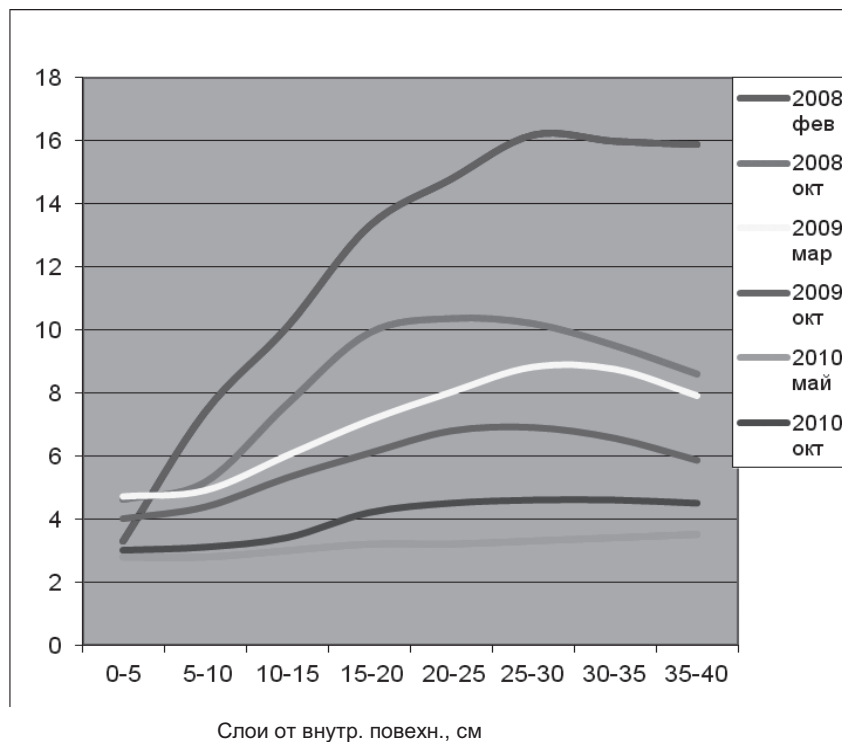


Рис. 8. Распределение влаги по толщине стены

**Выводы.** 1. В рассмотренной наружной стеновой ограждающей конструкции северо-восточной ориентации средняя влажность газобетонного слоя на уровне 4-5 % установилась через три года после проведения кладочных работ.

2. Расчет влажностного режима представленной стеновой конструкции по методике раздела 9 СНиП 23-02 показывает ее соответствие нормативным требованиям, что подтверждается результатами натурных наблюдений.

#### ЛИТЕРАТУРА

- 1 СНиП 23-02-2003. Тепловая защита зданий. М.: Госстрой России, 2004.
- 2 ГОСТ 30494-96. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях. М.: Госстрой, 1996
- 3 СНиП 23-01-99\*. Строительная климатология. М.: Госстрой России, 2003
- 4 ГОСТ 31359-2007. Бетоны ячеистые автоклавного твердения. Технические условия. МНТКС, 2008
- 5 СП 23-101-2004. Проектирование тепловой защиты зданий. М.: Госстрой России, 2004
- 6 СТО 00044807-001-2006. Теплозащитные свойства ограждающих конструкций зданий. М.: 2006



7 Сравнительные эксплуатационные теплозащитные характеристики одно- и двухслойных стеновых газосиликатных конструкций / Г.С. Славчева, Е.М. Чернышов, Д.Н. Коротких, Ю.А. Кухтин // Строительные материалы. 2007. № 4. С. 13-18.

8 ГОСТ 12852.2-77. Бетон ячеистый. Метод определения влажности и объемной массы. М.: 1978

А.С. ГОРШКОВ, канд. техн. наук, ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет»,

А.Г. ПОЧТЕНКО, ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет»

г. Санкт – Петербург

## **КОНСТРУКЦИЯ СБОРНО-МОНОЛИТНЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ ИЗ ЯЧЕИСТОБЕТОННЫХ БЛОКОВ АВТОКЛАВНОГО ТВЕРДЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ООО «ПСО «ТЕПЛИТ»**

Блоки стеновые неармированные из ячеистого бетона автоклавного твердения находят широкое применение в практике строительства жилых и общественных зданий для возведения несущих и самонесущих стен зданий, а также перегородок (внутренних стен). Испытания, проведенные в Ленинградском зональном научно-исследовательском и проектно-институте типового и экспериментального проектирования жилых и общественных зданий (далее – ЛенЗНИИиЭП), доказали, что из мелких ячеистобетонных твинблоков можно монтировать также перекрытие по монолитным железобетонным балкам [1].

В настоящей работе представлено описание технологии устройства сборно-монолитного перекрытия из ячеистобетонных блоков производства ООО «ПСО «Теплит» (далее по тексту – твинблоков) и пример его расчетного обоснования. Конструкция сборно-монолитного перекрытия представляет собой часто-ребристое монолитное перекрытие, пространство между ребрами которого заполнено блоками из автоклавного газо- или газозолобетона. Натурные испытания, проведенные в ЛенЗНИИиЭП, показали, что данное перекрытие, составленное из ячеистобетонных блоков марки по плотности D500 и класса по прочности на сжатие B2,5, не потеряло несущей способности при контрольной нагрузке  $1300 \text{ кгс/м}^2$  [1]. Высокая адгезия бетона с поверхностью ячеистобетонных изделий обеспечивается близкой химической структурой этих материалов и высокой поверхностной пористостью ячеистого бетона. При испытаниях из перекрытия не удалось выдавить один блок при нагрузке на него 5 тонн.

К преимуществам данного типа перекрытия следует отнести его низкую себестоимость и возможность самостоятельного выполнения работ без использования подъемно-транспортного оборудования. Перекрываемый данным типом перекрытия пролет может достигать 6 м [2]. Трудоемкость возведения перекрытия составляет 0,46 человеко-часа на 1 м<sup>2</sup> конструкции, расход арматуры – 3,5-4,5 кг/м<sup>2</sup>.

**Технология монтажа.** Технология устройства сборно-монолитного перекрытия из твинблоков производства ООО «ПСО «Теплит» состоит из следующих технологических операций. В перекрываемый пролет на поверхность деревянных ферм (см. рис. 1,а) укладываются плиты ЦСП (рис. 1, б), заполняя собой все пространство перекрытия между наружными и внутренними стенами здания.



*а*

*б*

Рис. 1. Монтаж ферм деревянных (*а*) и укладка плит ЦСП (*б*)

На плиты ЦСП укладываются твинблоки, создавая своими торцевыми гранями опалубку для монолитной балки (рис. 2, а). Расстояние между рядами блоков назначается по расчету, приведенному ниже). С целью увеличения поверхностей сцепления блоков и бетона предпочтение следует отдавать твинблокам с захватами (карманами) для рук и системой пазребень (см. табл.). В пространство между твинблоками на опалубочные элементы укладывается арматурный каркас (рис. 2, б) или отдельные арматурные стержни на фиксаторы защитного слоя, количество и геометрические размеры которых устанавливаются расчетом.



а



б

Рис. 2. Укладка твинблоков (а) и арматурного каркаса (б) на перекрытие

Для прокладки инженерных коммуникаций в перекрытии устраивают специальные короба (рис. 3, а), которые после бетонирования пространства между рядами блоков и устройства выравнивающей стяжки могут быть демонтированы. По наружному контуру стен опалубку допускается выполнять из плит ЦСП (рис. 3, б) или перегородочных твинблоков толщиной 100-150 мм (см. рис. 4).

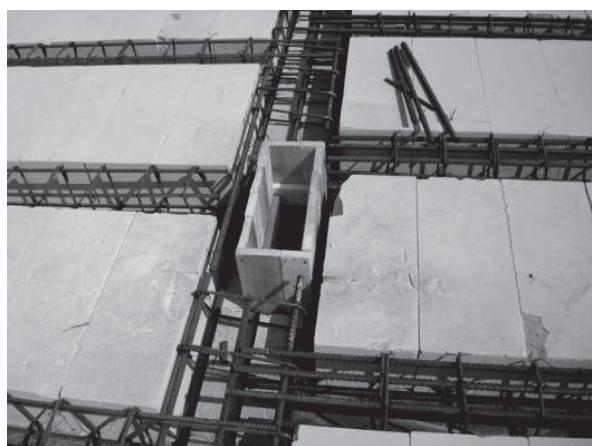
Таблица 1

Номенклатура выпускаемой продукции (завод г. Березовский)

Наименование	Маркировка	Геометрические размеры, мм			Наличие паза и гребня	Наличие захватных карманов
		Длина	Ширина	Высота		
1	2	3	4	5	6	7
Твинблоки	Основная продукция					
	ТБ 80-6	625	80	250	-	-
	ТБ 100-5п	625	100	250	+	-
	ТБ 200-5п	625	200	250	+	+
	ТБ 200-6п	625	200	250	+	+
	ТБ 240-6п	625	240	250	+	+
	ТБ 300-5п	625	300	250	+	+
	ТБ 300-6п	625	300	250	+	+
	ТБ 300-5	625	300	250	-	-
	ТБк 300-5п	590	300	250	+	-
	ТБ 400-5п	625	400	250	+	+
	ТБ 400-6п	625	400	250	+	+
	Дополнительная продукция					
	ТБ 100-6п	625	100	250	+	-
	ТБ 150-5	625	150	250	-	-
ТБ 150-6	625	150	250	-	-	

1	2	3	4	5	6	7
Твинблоки	ТБ 200-5	625	200	250	-	-
	ТБ 200-6	625	200	250	-	-
	ТБ 300-6	625	300	250	-	-
	ТБу 300п	560	300	250	+	-
	ТБЛ 300-5п	625	300	250	+	-
	ТБЛ 300-5	625	300	250	-	-
	ТБ 400-4п	625	400	250	+	+
	ТБ 400-5	625	400	250	-	-
	ТБ 400-6	625	400	250	-	-
	ТБЛ 400-5п	625	400	250	+	-
	ТБЛ 400-5	625	400	250	-	-
	УТБ 400М	500	400	625	-	-
	УТБ 400С	750	400	625	-	-
	УТБ 400Б	1000	400	625	-	-

В целях сокращения потерь тепловой энергии через торцы перекрытия в пространство между контурными перегородочными блоками наружной несъемной опалубки и арматурным каркасом, обвязывающим по контуру сборно-монолитное перекрытие, рекомендуется прокладывать слой теплоизоляции высотой 250 мм (равной высоте стандартного твинблока) и толщиной не менее 30 мм (рис. 4). В качестве утеплителя рекомендуется использовать изделия из пенополиуретана (ППУ, SPU) или экструдированного пенополистирола (ЭПП, XPS).



а



б

Рис. 3. Устройство коробов для инженерных коммуникаций (а)  
и опалубки из плит ЦСП (б)

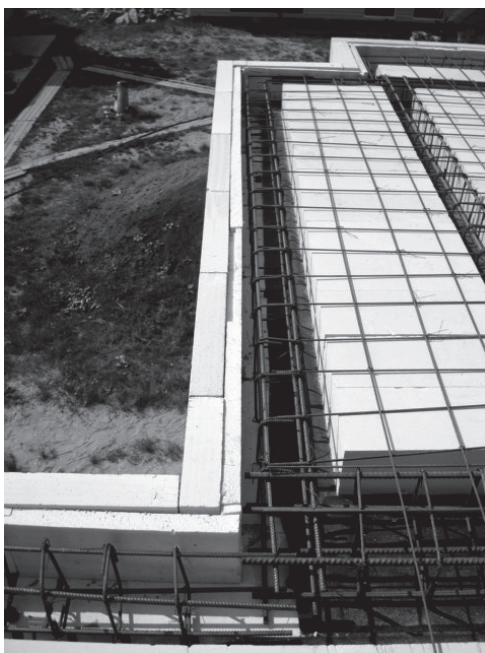


Рис. 4. Опалубка из перегородочных твинблоков

Подачу бетонной смеси в пространство между рядами твинблоков можно осуществлять механическим (рис. 5, а) или ручным способом (см. рис. 5, б). Перед бетонированием торцы твинблоков рекомендуется тщательно смачивать водой. Уплотнение бетонной смеси рекомендуется производить вибратором (при подаче бетонной смеси бетононасосом) или послойным трамбованием и штыкованием (при ручном бетонировании).



*а*



*б*

Рис. 5. Способы подачи бетонной смеси: *а* – механический; *б* – ручной

Одновременно с бетонированием пространства между твинблоками рекомендуется выполнять армированную стяжку пола толщиной не менее 50 мм (рис.6, а). Для выравнивания верхней поверхности перекрытия допускается также укладка плит ЦСП (рис. 6, б).

Демонтировать поддерживающие элементы съемной опалубки можно по достижении бетоном проектной прочности.

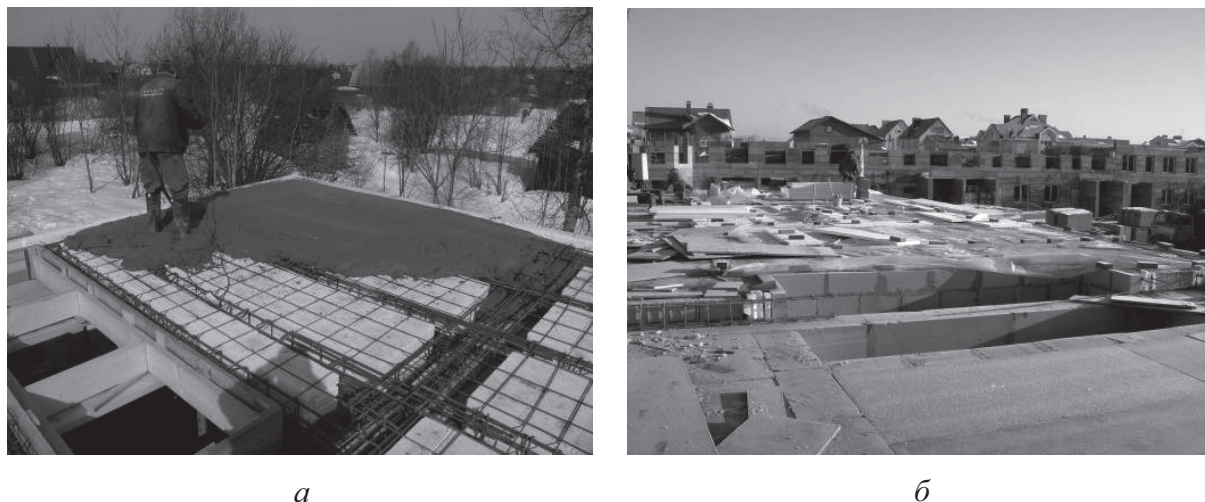


Рис. 6. Материалы, применяемые для заполнения пространства между твинблоками на поверхности перекрытия: *а* – армированная стяжка; *б* – плиты ЦСП

**Пример расчета сборно-монолитного перекрытия.** Методика расчета сборно-монолитного перекрытия представлена в работах [3, 4]. Ниже показан пример расчета.

Требуется определить расчетную несущую способность  $M$  и расчетную жесткость  $B$  сборно-монолитного перекрытия со следующими параметрами:

- длина перекрытия  $\ell_0 = 6,0$  м;
- высота  $h = 0,25$  м.

Материал монолитных балок – мелкозернистый бетон класса по прочности на сжатие В20, марки по плотности D1600. Арматура класса АIII. Материал твинблоков – автоклавный ячеистый бетон класса по прочности на сжатие В3,5, марки по плотности D500 (при сборе нагрузок расчетная средняя влажность по массе для ячеистого бетона принята равной 10 %). Сечение балок  $0,20 \times 0,25$  м, твинблоков –  $0,625 \times 0,25$  м, рабочая высота сечения  $h_0 = 0,23$  м.

Расчет ведется по двум монолитным балкам и двум пролетам твинблоков между ними. Расчетная схема перекрытия приведена на рис. 7.

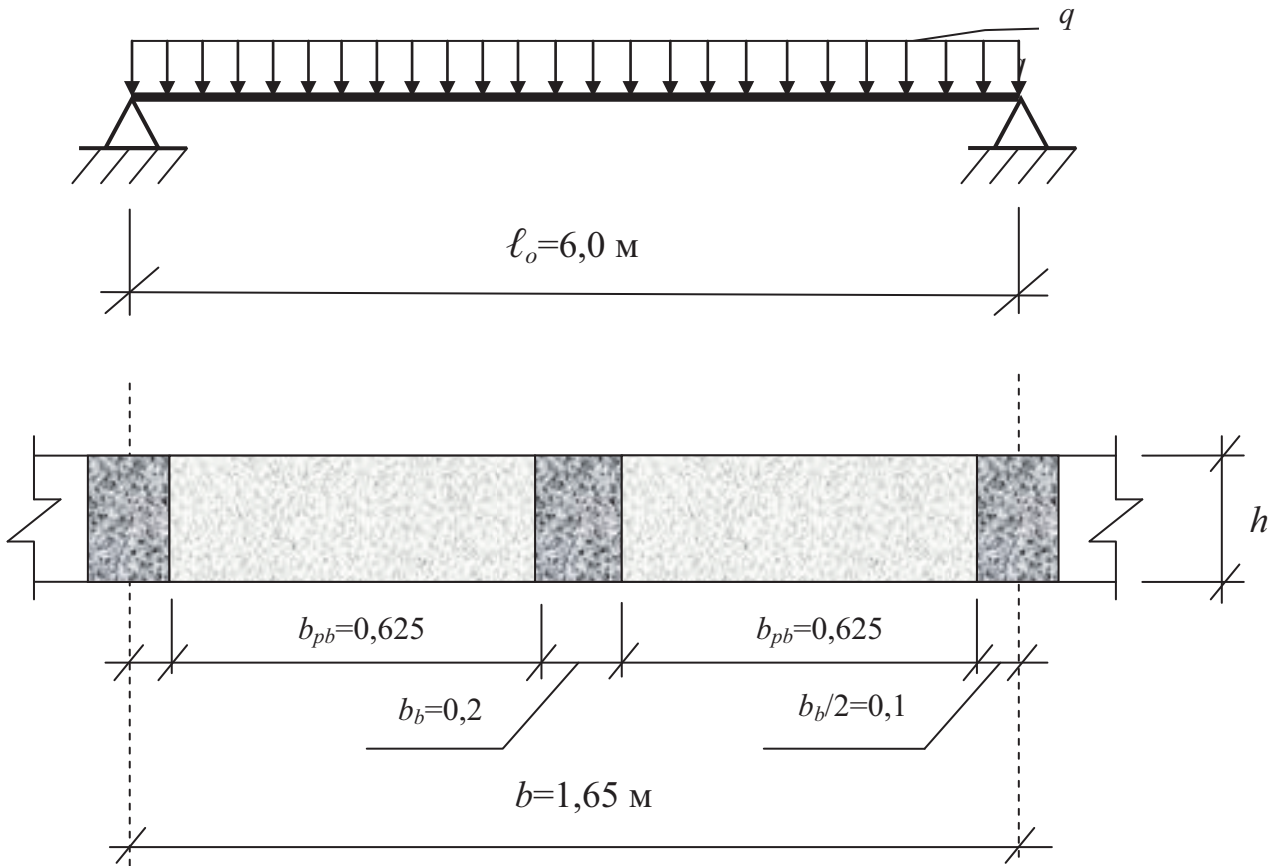


Рис. 7. Расчетная схема перекрытия

Расчет нагрузок, действующих на перекрытие

Нагрузка от собственного веса (С.В.):

$$q_{C.B.}^H = \frac{(2 \cdot 0,2 \cdot 0,25 \cdot 1600 + 2 \cdot 0,625 \cdot 0,25 \cdot 550)}{1,65} = 2,01 \text{ кН/м}^2.$$

Сбор нагрузок:

Конструкция пола	0,8 кН/м <sup>2</sup>
Перегородки	0,5 кН/м <sup>2</sup>
Временная нагрузка	1,5 кН/м <sup>2</sup>
Собственная масса	2,01 кН/м <sup>2</sup>
<b>ИТОГО</b>	<b>4,81 кН/м<sup>2</sup></b>

Полная расчетная нагрузка для расчета по первому предельному состоянию:

$$q = (0,8 + 0,5) \cdot 1,3 + 1,5 \cdot 1,3 + 2,01 \cdot 1,1 = 5,85 \text{ кН/м}^2.$$

Расчетный момент:

$$M_C = \frac{q \cdot b \cdot \ell_0^2}{8} = \frac{5,85 \cdot 1,65 \cdot 6,0^2}{8} = 43,44 \text{ кН/м}.$$

Полная расчетная нагрузка для расчета по второму предельному состоянию:

$$q_{\text{дл}}^H = 0,8 + 0,5 + 0,3 + 2,01 = 3,61 \text{ кН/м}^2.$$

Расчетные и нормативные сопротивления:

- для балок (стандарт СЭВ 1406 [5]):

$$R_b = 11,5 \text{ МПа}, \quad R_{bn} = 15,0 \text{ МПа}, \quad E_b = 27 \times 10^3 \text{ МПа};$$

- для арматуры (пособие к СНиП 2.03.01 [6]):

$$R_s = 365 \text{ МПа}, \quad R_{sn} = 390 \text{ МПа}, \quad E_s = 20 \times 10^4 \text{ МПа}.$$

Поперечное сечение арматуры назначаем из условия:

$$A_s = \frac{M_C}{R_s \cdot 0,85 \cdot h_0} = \frac{43,44 \cdot 10^3}{365 \cdot 10^6 \cdot 0,85 \cdot 0,23} = 0,000609 \text{ м}^2 = 6,09 \text{ см}^2.$$

Принимаем 4 стержня  $\varnothing 14 \text{ мм} = 4 \times 1,54 = 6,16 \text{ см}^2$  (по два стержня  $\varnothing 14 \text{ мм}$  на каждую монолитную балку). Предельный разрушающий момент для неармированного сечения:

$$M_U = \sqrt{\frac{3}{7}} \cdot R_b \cdot 2 \cdot b_{red} \cdot h^2 \cdot \xi \cdot \left(1 - \frac{\xi}{3}\right).$$

Приведенная ширина монолитной балки:

$$b_{red} = b_b \cdot \left(1 + \frac{b_{pb} \cdot E_{pb}}{b_b \cdot E_b}\right) = 0,2 \cdot \left(1 + \frac{0,625 \cdot 2,2 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 27 \cdot 10^3}\right) = 0,251 \text{ м}.$$

Относительная высота сжатой зоны:

$$\xi = \mu \cdot \alpha \cdot \left(\sqrt{1 + \frac{2}{\mu \cdot \alpha}} - 1\right);$$

$$\alpha = \frac{E_s}{E_b} = \frac{20 \cdot 10^4}{27 \cdot 10^3} = 7,4.$$

Коэффициент армирования:

$$\mu = \frac{A_s}{b_{red} \cdot h_0} = \frac{3,08}{25,1 \cdot 23} = 0,0053;$$

$$\mu \cdot \alpha = 0,039;$$



$$\xi = 0,039 \cdot \left( \sqrt{1 + \frac{2}{0,039}} - 1 \right) = 0,24;$$

$$M_U = \sqrt{\frac{3}{7}} \cdot 11,5 \cdot 10^3 \cdot 2 \cdot 0,251 \cdot 0,23^2 \cdot 0,24 \cdot \left( 1 - \frac{0,24}{3} \right) = 44,14 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

$$M_U = 44,14 \text{ кН} \cdot \text{м} > M_C = 43,44 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Определение жесткости сборно-монолитного перекрытия

Коэффициент армирования балки:

$$\mu = \frac{A_s}{b_b \cdot h_0} = \frac{3,08}{20 \cdot 23} = 0,0067;$$

$$\mu \cdot \alpha = 0,0067 \cdot 7,4 = 0,05.$$

Относительная высота сжатой зоны:

$$\xi = 0,05 \cdot \left( \sqrt{1 + \frac{2}{0,05}} - 1 \right) = 0,27.$$

Коэффициент жесткости балки в сечении с трещиной:

$$e_z = \frac{\xi^3}{3} + \mu \cdot \alpha \cdot (1 - \xi)^2 = \frac{0,27^3}{3} + 0,05 \cdot (1 - 0,27)^2 = 0,053.$$

Жесткость определяем по формуле:

$$B = E_b \cdot b_b \cdot h_0^3 \cdot e_z = 27 \cdot 10^6 \cdot (2 \cdot 0,2) \cdot 0,23^3 \cdot 0,053 = 6964 \text{ кН} \cdot \text{м}^2.$$

Кратковременный прогиб равен:

$$f_{\text{кр}} = \frac{5}{384} \frac{b \cdot l_0^4 \cdot q_{\text{дл}}^{\text{н}}}{B} = \frac{5 \cdot 1,65 \cdot 6,0^4 \cdot 3,61}{384 \cdot 6964} = 0,0144 \text{ м} = 1,44 \text{ см}.$$

Прогиб от действия длительной нагрузки:

$$f_{\text{кр}} = f_{\text{кр}} \cdot (1 + \xi \cdot \varphi_t) = 1,44 \cdot (1 + 0,27 \cdot 2,5) = 2,41 \text{ см}.$$

$$f_{\text{дл}} < f_{\text{пред}} = \frac{1}{200} \cdot 6,0 = 3,0 \text{ см}.$$

Армирование каждой монолитной балки 2Ø14-A-III удовлетворяет требованиям прочности и жесткости при заданных нагрузках.

Чертежи узлов сопряжения сборно-монолитных перекрытий из ячеистобетонных блоков производства ООО «ПСО «Теплит» приведены в стандарте [7].

## ЛИТЕРАТУРА

- 1 Пинскер В.А. Сборно-монолитные перекрытия из ячеистобетонных блоков // Ячеистые бетоны в современном строительстве: Сб. докл. научно-практ. конф. Санкт-Петербург: НП «Межрегиональная Северо-Западная строительная палата», Центр ячеистых бетонов, 2007. Вып. 4. С. 14-16.
- 2 СТО 501-52-01-2007 Часть II. Проектирование и возведение ограждающих конструкций жилых и общественных зданий с применением ячеистых бетонов в Российской Федерации. М.: 2008
- 3 Рекомендации по применению стеновых мелких блоков из ячеистых бетонов // ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко. М., 1992. 58 с.
- 4 Парашенко М.А. Часторебристые сборно-монолитные перекрытия с ячеистобетонными блоками // Инженерно-строительный журнал. 2011. № 6. С. 50-55.
- 5 Стандарт СЭВ 1406-78. Конструкции бетонные и железобетонные. Основные положения проектирования. 1978
- 6 Пособие к СНиП 2.03.01-84. Пособие по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из ячеистых бетонов. М.: Госстрой СССР, 1984
- 7 СТО 16888223.001-2012 «Сборно-монолитные перекрытия из ячеистобетонных блоков автоклавного твердения производства ООО «ПСО «Теплит». СПб.: ОНТИ ФГБОУ ВПО «СПбГПУ», 2012. 35 с.

Г.И. ГРИНФЕЛЬД, ООО «ЛСР» – «Стеновые»

г. Санкт – Петербург

## **ПРАКТИКА ПРИМЕНЕНИЯ АВТОКЛАВНОГО ГАЗОБЕТОНА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА И ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ**

В Санкт-Петербурге применение мелких ячеистобетонных блоков в наружных ограждениях каркасных зданий получило широкое распространение в конце девяностых и в начале двухтысячных годов. Произошло это благодаря совпавшим по времени событиям: запуску газобетонного цеха в составе 211 КЖБИ МО РФ и введению новых требований к тепловой защите зданий. Появление качественного газобетона с гарантированными характеристиками – марка по средней плотности D500, стабильные геометрические размеры, позволяющие вести кладку на тонкослойном клеевом растворе, - простимулировало быстрый

рост спроса, повлекший за собой рост предложения за счет ввоза блоков из других регионов, прежде всего из Белоруссии, а затем и из Липецкой области.

К сегодняшнему дню в г. Санкт-Петербург построено более 15 млн. м<sup>2</sup> жилья с наружными ограждениями из мелких газобетонных блоков, а также весьма значительное количество промышленных, офисных, торговых зданий с газобетонным заполнением несущего каркаса. Более 1,5 млн. м<sup>3</sup> газобетона использовано за последнее десятилетие в малоэтажном строительстве. Опираясь на обширный региональный опыт, мы можем подвести предварительные итоги и описать установившуюся практику проектирования и строительства, обоснованность которой подтверждена уже пятнадцатью годами безаварийной эксплуатации. Можем описать и ошибочные решения, которые принимались без учета должного количества факторов и к текущему моменту выведены из употребления.

Начнем с того, что в домах, спроектированных в 1998-2004 гг. с учетом требований II этапа повышения уровня тепловой защиты, за расчетную теплопроводность газобетонной кладки из бетона D500 в большинстве случаев принималась не предписанная действовавшим тогда СНиП II-3-78\* величина в 0,205 Вт/м<sup>0</sup>С, а более реальное для условий Санкт-Петербурга значение 0,155 Вт/м<sup>0</sup>С, оформленное протоколом испытаний кладки по ГОСТ 26254. Использование в расчетах фактических значений теплопроводности газобетонной кладки на клею позволило основным застройщикам Санкт-Петербурга принять в качестве базового варианта наружной стены следующий конструктив: кладка из газобетонных блоков D 500 – 375 мм, воздушный зазор (замкнутая воздушная прослойка) – 20 мм, лицевой кирпич – 120 мм. Такая двухслойная конструкция обеспечивала требуемое при поэлементном проектировании тепловой защиты сопротивление теплопередаче по полю стены и на несколько лет стала практически безальтернативной в монолитно-каркасном строительстве.

В подавляющем большинстве случаев наружные ограждения каркасных зданий проектируются с поэтажным опиранием на диски перекрытий. В редких случаях по архитектурным соображениям кладка выполняется в виде самонесущих (а в крышных надстройках – и несущих) фрагментов на высоту 3-5 этажей. Для обеспечения устойчивости кладки, заполняющей ячейки монолитного каркаса, газобетонные стены крепятся к несущим вертикальным элементам каркаса. Как правило, крепление осуществляется в двух уровнях по высоте этажа. При сравнительно больших (до 7,2 м) пролетах между несущими элементами кладка дополнительно закрепляется к вышележащему перекрытию.

В случаях, когда ячеистый бетон выполняет функцию основного теплоизолятора, в качестве наружной отделки выступает как традиционный лицевой кирпич (толщиной кладки 120 или 250 мм), так и тонкослойные штукатурки или перетирка поверхности с последующей окраской – такой вариант особенно часто используется при отделке стен остекляемых балконов

и лоджий. В последние годы, с ростом популярности навесных облицовок («вент-фасадов»), по газобетонному основанию часто применяются навесные фасадные системы за вычетом утеплителя – поскольку утеплителем является сам газобетон.

Также весьма широко применяются системы наружного утепления, устраиваемые поверх конструктивного слоя из газобетона. В этом случае на газобетон марки D400-D500 толщиной 200-300 мм крепится расчетный слой минераловатного утеплителя с последующей «мокрой» отделкой или фасадной системой с воздушным зазором. В качестве внутренней отделки газобетонных стен практически всегда используется перетирка поверхности слоем до 5 мм. Газобетонная кладка на клею позволяет минимизировать объем отделочных работ путем устройства штукатурных слоев толщиной 3-5 мм.

Семь лет назад, летом 2005 г., в Санкт-Петербурге заработал второй современный завод по производству ячеистого бетона автоклавного твердения – АЕРОС. Его открытие сильно изменило структуру местного рынка ячеистых бетонов. Первые два года работы предприятия привели к тому, что в проектах каркасных зданий наружные ограждения из бетонов марки D500 практически перестали использоваться. Его место в качестве конструкционно-теплоизоляционного слоя наружных ограждений занял бетон марки D400. Технологические возможности завода обеспечили применение на нескольких объектах газобетона с характеристиками D300 B1,5.

Следует отметить, что применение самых передовых, наиболее качественных ячеистых бетонов низких плотностей сдерживалось в России не просто отсутствием регулирующей их применение нормативной базы, но и, что важнее, отсутствием четкой процедуры их узаконивания. Поэтому на начальном этапе применение автоклавного газобетона марок по плотности ниже D500 шло с формальным нарушением требований, действовавших в отношении автоклавных бетонов ГОСТ 21520-89 и ГОСТ 25485-89. Положительные заключения для продукции отдельных заводов выдавались НИИЖБом, СПбЗНИиПИ.

Сейчас на территории России действуют ГОСТ 31359-2007 «Бетоны ячеистые автоклавного твердения» и ГОСТ 31360-2007 «Изделия стеновые неармированные из ячеистого бетона автоклавного твердения», в которых ограничения на применение низкоплотных бетонов устранены, а единственным признаком конструкционности материала оставлена его фактическая прочность. Однако остается весьма обширный пласт нормативной литературы, в которой нижние ограничения плотности сохранены. Большинство из этих документов требуют актуализации и дальнейшего обновления.

В текущем году в Санкт-Петербурге и области будет применено в конструкциях более 0,5 млн. м<sup>3</sup> стеновых блоков марки по средней плотности не более D400. На более плотные марки придется меньший объем реализации (общий объем рынка составляет около 1 млн. м<sup>3</sup>).

По состоянию на сегодня спрос и предложение на ячеистый бетон в Северо-Западном регионе сбалансированы. В регионе действуют пять крупных современных производств суммарной установленной мощностью 1400 тыс. м<sup>3</sup> продукции в год. Фактический совокупный объем производства в 2012 г. составит около 1,2 млн. м<sup>3</sup> (из них около 200 тыс. м<sup>3</sup> будут реализованы за пределами Ленинградской области).

Приведем основные конструктивные решения с применением газобетонных блоков, используемых в различных секторах строительства.

#### I. Жилые здания с железобетонным несущим каркасом

1. **Однослойные наружные ограждения.** Варианты исполнения: D400 толщиной 375 и 400 мм (реже - 300 мм), D300 толщиной 300 мм. Стены с поэтажным опиранием. Внешний край перекрытия и вертикальных поперечных стен перфорируется теплоизоляционными вкладышами, закрывается в торце слоем теплоизоляционного материала. Наружная отделка: фасадная штукатурка как сплошная, без деформационных швов под перекрытиями, так и разделенная на фрагменты; перетирка поверхности с окраской на остекленных балконах и лоджиях; навесные экранные облицовки. Сюда же можно отнести кладку из конструкционно-теплоизоляционного газобетона с облицовкой лицевым кирпичом.

2. **Наружные ограждения с применением систем наружного утепления.** Варианты исполнения: толщина от 200 до 300 мм, плотность D400-D600. Наружное утепление минераловатными плитами толщиной от 100 мм. Крепление плит к стеновому материалу клеевым составом и тарельчатыми дюбелями с глубиной заделки 60-110 мм. Наружная отделка: тонкослойная фасадная штукатурная система с толщиной слоя 3-7 мм; навесные фасадные системы с воздушным зазором. Крепление подконструкций вентиляционных фасадов осуществляется по обеим существующим схемам: как транзитное, использующее в качестве несущей основы только железобетонные торцы перекрытий без крепления к материалу стенового заполнения, так и по схеме, использующей менее жесткие профили, при которой кронштейн, собирающий вертикальные нагрузки, крепится в торце перекрытия, а в стеновое заполнение устанавливаются кронштейны, компенсирующие малую жесткость профилей и работающие только на осевое вытягивание от ветровых воздействий.

3. **Внутренние перегородки.** Массово используются внутриквартирные перегородки толщиной 100 мм (изоляция воздушного шума для внутриквартирных перегородок, имеющих проемы, не нормируется). Реже применяются трехслойные межквартирные перегородки – звукопоглощающее заполнение между двумя слоями газобетонной кладки толщиной по 100 мм (суммарная толщина стены без отделочных слоев – 250 мм).

#### II. Промышленные, офисные и торговые здания

1. **Наружные ограждения.** Применяются все те же типы ограждающих конструкций, что и в жилых зданиях.

2. **Внутренние перегородки.** Газобетонная кладка толщиной 200 мм – наиболее массово используемый вид ограждающей конструкции, разделяющей функциональные отсеки в производственных и торговых зданиях. Перегородки, разделяющие офисы и кабинеты, как правило, имеют толщину 100-150 мм. Огнестойкость таких конструкций (EI180 при толщине от 100 мм, REI240 при толщине от 200 мм) обеспечивает их широкое применение.

### III. Малоэтажное жилищное и дачное строительство

В малоэтажном строительстве газобетонные блоки используются для всех видов несущих и ограждающих конструкций, включая перекрытия. Кладка несущих стен зданий высотой 3-5 этажей осуществляется из блоков класса по прочности на сжатие В2,5, которые составляют около 90 % всего доступного на рынке газобетона. Основную часть этого газобетона составляют блоки марки по средней плотности D400.

В качестве перекрытий малоэтажных зданий используются все существующие типы перекрытий: пустотные железобетонные плиты, монолитные железобетонные перекрытия, сборно-монолитные (частично-ребристые) перекрытия с заполнением участков между несущими балками газобетонными блоками, перекрытия по деревянным и металлическим балкам.

Толщина несущих стен в обоснованных случаях составляет 200 мм, но чаще используются блоки больших толщин. Доля стен с наружным утеплением невелика в сравнении с другими регионами России и составляет по разным оценкам от 30 до 50 % всех газобетонных стен в ИЖС. Высокая доля однослойных стен в Ленинградской области хорошо коррелирует с долей газобетона марки D400 на местном рынке (второй по распространенности однослойных газобетонных стен является Московская область, в которой доля газобетона марки D400 находится на втором месте после Ленинградской области).

Достаточно большой опыт накоплен в использовании газобетона марки D300. За период с 2008 г. он был реализован в количестве более 20 000 м<sup>3</sup>, из которых около половины объема было применено в зданиях с поэтажным опиранием стенового заполнения, а половина была использована в несущих конструкциях в малоэтажном строительстве.

До 2012 г. газобетон марки D300 производился с классом по прочности В1,5, с этого года его прочность была повышена до класса В2,0. Однако даже сравнительно невысокая прочность В1,5 позволяет использовать газобетонные блоки для кладки несущих конструкций, в том числе при строительстве трехэтажных зданий с монолитными железобетонными перекрытиями. Весьма широко газобетонные блоки средней плотностью 300 кг/м<sup>3</sup> и прочностью 1,5 Н/мм<sup>2</sup> (что соответствует классу бетона по прочности при сжатии В1,0) используются в соседнем с

Ленинградской областью регионе – в странах Балтии. Оттуда же они экспортируются в Россию, в Калининградскую область, где также применяются для устройства несущих конструкций.

В целом можно резюмировать, что богатый опыт применения автоклавных газобетонных блоков низких плотностей, накопленный в Санкт-Петербурге, Ленинградской области, а также в сопредельных с ними странах, позволяет рекомендовать газобетон марок по плотности D400 и D300 к максимально широкому освоению в производстве и внедрению в строительство на всей территории Российской Федерации.

Г.И. ГРИНФЕЛЬД, НААГ

г. Санкт - Петербург

## **СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ СТО НААГ «АВТОКЛАВНЫЙ ГАЗОБЕТОН В СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ». ПРЕДПОСЫЛКИ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ И ОСНОВНЫЕ ИСТОЧНИКИ**

Сообщение о стандарте организации СТО НААГ «Автоклавный газобетон в строительстве...» предворяем выдержкой из самого стандарта:

### *Введение*

*Настоящий стандарт организации (СТО) разработан с целью актуализации основных расчетных характеристик, конструктивных требований и рекомендаций, касающихся применения изделий из автоклавного ячеистого бетона в строительстве. Упор в стандарте сделан на использование неармированных изделий по ГОСТ 31360-2007 при наличии основных сведений по использованию армированных брусковых перемычек и панелей.*

*Информация о нормативных характеристиках, номенклатуре продукции и типовых конструктивных решениях, содержащаяся в документах по применению ячеистых бетонов, созданных в период 1970-80-х гг., разрозненна, противоречива и во многом не применима в современных условиях. Обобщение этой информации, проведенное при разработке СТО 501-52-01-2007, созданного по заказу Ассоциации строителей России, не устранило основного недостатка ранее созданных документов – не ликвидировало разрыв между упоминаемыми в документах и реально выпускаемыми промышленностью изделиями, не актуализировало конструктивные решения ограждающих конструкций.*

*В настоящем СТО за основу рекомендаций взята современная номенклатура изделий из автоклавного ячеистого бетона. Предложенные конструктивные решения ограждающих*

*конструкций являются оптимизированным обобщением опыта строительства, накопленного в России и за рубежом в последние годы.*

Здесь более подробно разберем изложенные во Введении к СТО соображения.

Более 95 % изделий из автоклавных ячеистых бетонов, поступающих на строительный рынок Российской Федерации в последние 15-20 лет, – это неармированные блоки, которые в прежней терминологии назывались «блоки из ячеистых бетонов стеновые мелкие». За период 1992-2012 гг. обновление производственной базы автоклавных ячеистых бетонов произошло более чем на 90 %. Выпуск автоклавного газобетона в России вырос в 2 раза относительно объемов 1989-1991 гг., при этом выпуск блоков увеличился более чем в 10 раз, а производство панелей наружных стен резко сократилось в корреляции со спадом панельного домостроения в 1990-е годы.

Средняя плотность автоклавных ячеистобетонных блоков по сравнению с 1989 г. снизилась от 643 до 520 кг/м<sup>3</sup>, а средняя прочность, наоборот, возросла с класса по прочности В2,0 до класса В2,5. В конце 1980-х в СССР производили только блоки второй и третьей категории по точности геометрических размеров (по ГОСТ 25485-89), а производство блоков первой категории практически отсутствовало [1]. Соответственно кладка блоков велась только на растворах с расчетной толщиной шва 12 мм, а использование клеевых паст носило характер эксперимента. В настоящее время в России более 90 % всех блоков производится с допусками геометрических размеров в пределах первой категории (по ГОСТ 31360-2007), что сделало кладку блоков на тонкослойные клеевые растворы нормой. Увеличилась номенклатура, стала значительно более совершенной упаковка, стали массово доступны специализированные инструменты для кладки газобетона. Значительно изменились требования к конструкциям, для применения в которых планировался газобетон в конце 1980-х гг. [2]. Все эти изменения были учтены при составлении Технического задания и последующей разработке рассматриваемого стандарта.

Разработка представляемого СТО была начата три года назад, осенью 2009-го года. Тогда был заключен договор между НААГ и Центром ячеистых бетонов (г. Санкт-Петербург) на двухэтапную разработку норматива. Однако представленная разработчиком в марте 2010 г. первая редакция документа не содержала значительных отличий от ранее разработанных им документов в части учета реально выпускаемой номенклатуры и актуальных технических решений.

После безуспешного поиска подрядчика, готового полностью взять на себя разработку документа, регламентирующего применение автоклавного газобетона на всей территории России с учетом актуального состояния производственной базы и практики строительства, на



заседании НТС НААГ, прошедшем осенью 2010 г., было принято решение о разделении работы над СТО между несколькими соисполнителями.

В результате первые разделы СТО НААГ «Автоклавный газобетон в строительстве» написаны членами НТС НААГ, раздел по проектированию тепловой защиты адаптирован к автоклавному газобетону в ФБГОУ СПбГПУ, раздел по отделке проработан в ФБГОУ БГТУ им. Шухова совместно с автором этой статьи, расчет несущей способности целиком взят из разработанного Центром ячеистых бетонов документа, разделы с описанием конструктивных решений созданы с учетом разработок БелНИИСа и систематизированного опыта строительства последних полутора десятилетий (западноевропейского и российского), а альбомы технических решений по применению автоклавного газобетона в малоэтажном строительстве и в поэтажно опертых стенах разработаны на основе заданных вводных в отделе ограждающих конструкций БелНИИС. Общая редакция документа осуществлена членами НТС НААГ.

Основные положения и элементы документа, отличающие его от документов по применению ячеистых бетонов, созданных в предыдущие нормотворческие периоды, представлены ниже.

Номенклатура изделий и физико-технические характеристики бетонов внесены в СТО на основании данных ГОСТ 31359-2007 «Бетоны ячеистые автоклавного твердения. Технические условия» и ГОСТ 31360-2007 «Изделия стеновые неармированные из ячеистых бетонов автоклавного твердения. Технические условия». Эти стандарты в части расчетных характеристик гармонизированы с EN 771-4: 2003 «Элементы для каменной кладки. Блоки из автоклавного ячеистого бетона» и EN 12524: 2006 «Каменная кладка. Методы определения температурно-влажностных характеристик».

Раздел теплотехнического проектирования создан с учетом возможности потребительского подхода к проектированию тепловой защиты, при котором поэлементные требования к ограждающим конструкциям являются вторичными и инструментальными, а первичным и целевым является минимизация удельного расхода энергии на поддержание требуемых параметров микроклимата.

Расчет несущей способности основан на требованиях СНиП II-22-81\* «Каменные и армокаменные конструкции», в формулу учета эксцентриситета внесены уточнения по результатам экспериментальной работы, результаты которой описаны в [3]. Различные понижающие коэффициенты, учитывающие особенности работы ячеистого бетона и конструкций из него, внесены непосредственно в соответствующие формулы. Расчетные сопротивления сжатию кладки на клею оставлены как и для кладки на растворе максимальной прочности, без явного введения повышающих коэффициентов, но с оставлением такой возможности по результатам дополнительных экспериментов.

В разделе конструктивных решений более подробно, чем в предшествующих документах рассмотрены вопросы армирования кладки (в зависимости от принимаемой допустимой по условиям эксплуатации ширины раскрытия трещин). Значительное внимание уделено оптимальному решению опирания перекрытий на кладку – даны мотивирующие основания для введения распределительных подушек, железобетонных обвязочных поясов, подстилающих слоев раствора или выравнивающих местных неровности материалов. Впервые в отечественный нормативный документ введено явное разделение кладочных растворов (и образуемых ими растворных швов) на тонкослойные и стандартные – классификация принята в соответствии с EN 1996-1-1: 2005 (Еврокод 6).

Разобран вопрос с закреплением на газобетонное основание навесных элементов, с закреплением газобетонной кладки к несущему каркасу многоэтажных зданий для сопротивления ветровым воздействиям. В разделе, посвященном отделочным покрытиям, приведены конструктивные и целевые требования к штукатурным и окрасочным составам, предназначенным для нанесения на газобетонное основание, к состоянию кладки перед началом отделочных работ.

В целом созданный по заказу Ассоциации НААГ и при активном участии ее членов стандарт «Автоклавный газобетон в строительстве зданий и сооружений на территории Российской Федерации» учитывает актуальное состояние производства, сложившуюся практику строительства и позволяет более полно и рационально использовать материал, занимающий первое место среди кладочных материалов на строительном рынке России.

#### ЛИТЕРАТУРА

- 1 Малоэтажные дома из ячеистых бетонов.  
Каталог. Ленинград: Госкомархитектура. 1989.
- 2 Левченко В.Н., Гринфельд Г.И. Производство автоклавного газобетона в России: перспективы развития подотрасли // Строительные материалы. 2011. № 9. С. 44-47.
- 3 Пинскер В.А., Вылегжанин В.П., Гринфельд Г.И. Прочность и деформативность стен из газобетона низкой плотности // Ячеистые бетоны в современном строительстве. Сборник докладов – СПб.: НП «Межрегиональная Северо-Западная строительная палата», 2008. Вып. 5. С. 45–48.

Р.А. ЗАРС, ЗАО «Хилти Дистрибьюшн Лтд»

г. Екатеринбург

## АНКЕРЫ ХИЛТИ В ТВИНБЛОКЕ

Ежедневно в работе инженеров-проектировщиков и строителей возникают моменты, когда нужно сделать выбор анкерного крепления. На правильный выбор анкера влияет множество факторов, и один из них – базовый материал. Современный строительный рынок предлагает большой выбор строительных материалов с разными физическими свойствами. И зачастую для того чтобы определить, какую нагрузку будет выдерживать анкер в том или ином базовом материале, необходимо провести натурные испытания.

Компания HILTI реализует различные анкерные крепления. В нашем портфолио есть механические анкеры, которые работают по принципу распора, и химические, которые фиксируются в базовом материале за счет сил адгезии. Инженеры нашей компании всегда помогут работникам строительной сферы в подборе и расчете анкерного крепления, и при необходимости бесплатно проведут испытания на строительном объекте (рис. 1).

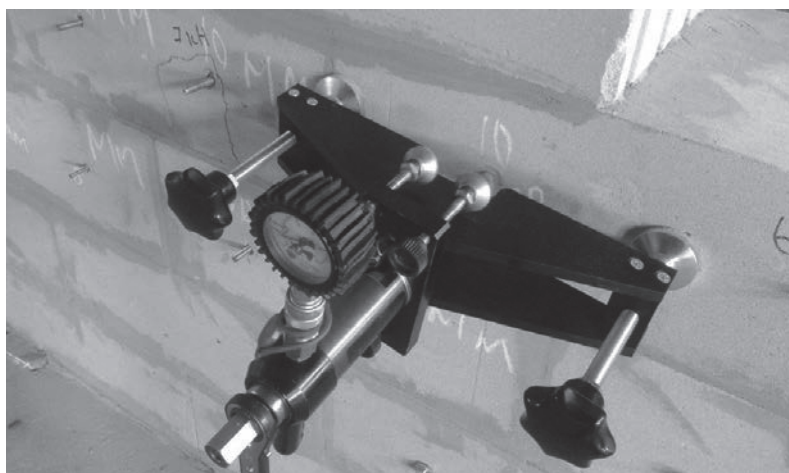


Рис. 1. Испытательный прибор HILTI NAT 28

С каждым днем в качестве ограждающих конструкций все больше применяются изделия из ячеистого бетона автоклавного твердения. Существует множество производителей данной продукции. К сожалению, не все компании-производители обладают современным оборудованием, собственными лабораториями, хорошей сырьевой базой и, как следствие, не всегда выпускают продукцию должного качества, физические характеристики которой либо не известны, либо не постоянны.

На основании многочисленных испытаний анкерных креплений в различных блоках из ячеистого бетона, проведенных нашими инженерами, можно сделать вывод, что максимальная и

повторяющаяся несущая способность у анкеров HILTI, установленных в твинблоки ООО ПСО «Теплит». Компания HILTI совместно с ООО «ПСО «Теплит» провели испытания анкеров для определения несущей способности в изделиях из ячеистого бетона автоклавного твердения по ГОСТ 31360 (твинблоки) марок D400 и D500 производства ООО «ПСО «Теплит» г. Березовский (рис. 2). Испытания проводили в производственном помещении ООО «ПСО «Теплит» в период с 24.07.2012 по 15.08.2012 гг.



Рис. 2. Испытания в помещении ООО «ПСО «Теплит»

Несущую способность определяли для механических (HRD, HPD, IDMS) и химических (НПТ-НУ70, НПТ-ММ+НПТ-V) анкеров. Материал основания: два фрагмента кладки из твинблоков, производства ООО «ПСО «Теплит» размером 1,0×2,5 м каждый. Один фрагмент выполнен из твинблоков ТБ 300-5п, имеющих плотность 530 кг/м<sup>3</sup> (марка D500), предел прочности при сжатии 4,2 МПа (класс В3,5) и влажность 30 %. Второй фрагмент выполнен из твинблоков ТБ 400-4п, имеющих плотность 410 кг/м<sup>3</sup> (марка D400), предел прочности при сжатии 2,6 МПа (класс В2,0) и влажность 33,2 %. Кладка выложена на раствор, приготовленный из смеси сухой строительной «Твинблок – КЛ». Испытания проводили через 7 суток после укладки блоков.

В ходе испытаний определяли несущую способность анкерного крепления, при действии растягивающей силы вдоль оси анкера, с помощью устройства HILTI NAT 28 с распределительным мостом. Испытывали анкеры для крепления элементов вентилируемого фасада к изделиям из ячеистого бетона. Достаточную несущую способность для крепления кронштейнов показали распорный анкер с пластиковой гильзой HRD и специальный анкер для газобетона HPD, который устанавливается в блок, без предварительного сверления (рис. 3). Разрушение анкерного крепления произошло по конусу материала. Наибольшая несущая способность «на вырыв» определена у химического анкера НПТ-НУ70 (табл. 1).



Рис. 3. Установка химического анкера

Таблица 1

Характеристика испытываемых анкеров

Тип анкера	Изображение	Описание	Назначение
HRD-N		Материал анкера: Полиамид РА 6, углеродистая сталь с гальваническим покрытием	Крепление кронштейнов систем вентилируемых фасадов, закрепление перил, оконных решеток, парапетов и т. д.
HPD		Специально разработанный анкер для установки в газобетон без предварительного бурения отверстия	Крепление кондиционеров и вентиляторов, монтаж водопровода и воздуховодов, установка спринклерных систем, крепление подвесных труб и подвесных элементов.
Химический состав HIT-HY70 + шпилька HIT-V		Химический анкер с возможностью монтажа резьбовых шпилек HIT-V	Установка резьбовых шпилек HIT-V в пустотелый кирпич, полнотелый кирпич, ячеистый бетон, монтаж светопрозрачных конструкций и фасадных систем.
Химический состав HIT-MM Plus + шпилька HIT-V		Химический анкер с возможностью монтажа резьбовых шпилек HIT-V	Крепление, не требующее инженерного расчета: защитные ограждения в складских помещениях, крепление оконных решеток, монтаж вывесок и указателей, крепление поручней.
IDMS		Анкер для изоляционных материалов	Удобный и надежный анкер для закрепления изоляционных материалов толщиной до 150 мм на фасадах зданий

Для неответственных креплений можно руководствоваться значениями усредненных результатов испытаний (табл. 2).

При необходимости проверить несущую способность в конкретном базовом материале или подобрать правильные анкерные крепления Можно обратиться в инженерную службу HILTI.

Таблица 2

Усредненные результаты испытаний

Тип анкера	Диаметр резьбы анкера	Диаметр отверстия/бура, мм	Глубина бурения, мм	Глубина установки анкера, мм	Предельная нагрузка на вырыв, кН	
					D400	D500
HRD-H 10x140	10	10	130	120	1,64	3,55
HPD M10/10	10	-	-	70	2,14	2,14
HIT-HY70 + HIT-V M10x130	10	12	120	110	6,74	8,60
HIT-MM Plus + HIT-V M10x130	10	12	120	110	6,59	9,47
HIT-HY70 + HIT-V M8x110	8	10	100	90	6,61	8,56
HIT-MM Plus + HIT-V M8x110	8	10	100	90	6,79	8,55
IDMS 12/15	8	8	70	60	0,17	-

Ф.Л. КАПУСТИН, проф., д-р техн. наук, ФГАОУ ВПО «УрФУ им. первого Президента России Б.Н. Ельцина»

В.М. УФИМЦЕВ, доц., канд. техн. наук, ФГАОУ ВПО «УрФУ им. первого Президента России Б.Н. Ельцина»

В.Б. ЕЖОВ, ФГАОУ ВПО «УрФУ им. первого Президента России Б.Н. Ельцина»

Е.В. ЛИСИНА ФГАОУ ВПО «УрФУ им. первого Президента России Б.Н. Ельцина»,

Н. Ю. ГИЗАТУЛИНА, ООО «ПСО «Теплит»

г. Екатеринбург

## ИННОВАЦИОННЫЕ РАЗРАБОТКИ В ТЕХНОЛОГИИ ЯЧЕИСТОГО БЕТОНА

Газозолобетон является разновидностью ячеистых бетонов, получаемых в результате поризации и твердения рационально подобранной, тщательно перемешанной смеси, состоящей из вяжущего вещества (портландцемента, извести), мелкозернистого кремнеземистого компонента (кварцевого песка, золы-уноса ТЭС), воды и порообразователей. Широкому использованию золы-уноса в производстве строительных материалов и изделий препятствует отсутствие на многих ТЭС и предприятиях установок по ее отбору, отгрузке, приему и складированию. Использование отвальной золошлаковой смеси (ЗШС), не требующей специального оборудования для транспортирования и складирования, в производстве ячеистого бетона не рассматривалось.

Совместно со специалистами ООО «ПСО «Теплит» исследована возможность получения автоклавного газобетона на основе ЗШС одной из ТЭЦ ОАО «Иркутскэнерго». Установлено, что ЗШС, отобранная с разных участков золоотвала, характеризуется высокой влажностью (от 16,7 до 40,2 %), значительным колебанием дисперсности и неоднородным химическим составом. Максимальная крупность ее зерен изменяется от 3,5 до 25 мм, содержание зольной составляющей (менее 0,16 мм) – от 58,3 до 97,6 %, удельная поверхность – от 100 до 471 м<sup>2</sup>/кг. Пробы ЗШС различаются содержанием полуторных оксидов (11,51-28,79 % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и 5,96-11,29 % Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), оксидов SiO<sub>2</sub> (52,24-61,00 %), CaO (5,55-6,38 %), MgO (2,39-5,38 %), Na<sub>2</sub>O (1,43-1,96 %), K<sub>2</sub>O (0,56-0,92 %), SO<sub>3</sub> (0,07-0,21 %) и относятся к кислым золошлакам.

На основе усредненной и дополнительно размолотой ЗШС подобран состав автоклавного газобетона марки по плотности D500 и классом по прочности B2,5, соответствующий требованиям ГОСТ 25485. Разработаны технологическая схема, рекомендации по усреднению и помолу ЗШС, формованию газозолобетона и организации производства изделий на его основе. В табл. 1 приведены результаты сравнительных испытаний автоклавного газобетона с разным кремнеземистым компонентом.

Физико-механические свойства автоклавного газозолобетона марки по плотности D500

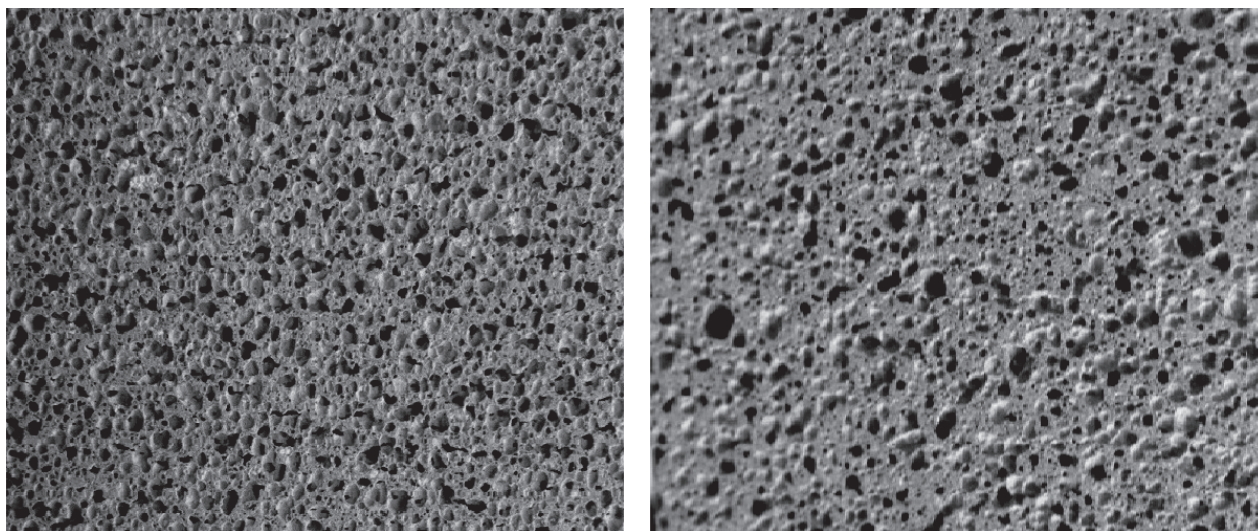
Показатели	Кремнеземистый компонент		
	Кварцевый песок	Зола-уноса	ЗШС
Содержание кремнеземистого компонента, кг/м <sup>3</sup>	330	330	340
Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	490	500	530
Предел прочности при сжатии, МПа	3,5	4,3	3,6
Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·°С)	0,12	0,10	0,11
Морозостойкость	F50	F50	F25

В настоящее время предприятия по производству газозолобетонных изделий используют как литьевую (например, применяется на ОАО «Бетфор»), так и ударную технологию их изготовления (ООО «ПСО «Теплит»). Однако традиционно применяемые для поризации бетонных смесей алюминиевые пудры характеризуются рядом недостатков: необходимо использовать поверхностно-активные вещества в процессе приготовления алюминиевой суспензии, они характеризуются повышенной пожаро- и взрывоопасностью. Поэтому в настоящее время при производстве газобетонов применяют алюминиевые пасты, которые практически не пылят. Выбор газообразователя зависит от способа его дозирования. Гидрофильные пасты используются заводами, применяемыми порционное взвешивание приготовленной алюминиевой суспензии. При использовании весовых дозаторов сухого взвешивания пасты применять нельзя из-за налипания в трубах и шнеке. В связи с этим для ООО «ПСО «Теплит» был разработан состав гидрофильного газообразователя и рекомендовано использовать пасту «Газобетолит».

На ОАО «Бетфор» при получении газозолобетонных блоков по литьевой технологии долгое время использовали пигментную алюминиевую пудру ПАП-1 в мыльном растворе. Однако с 2000 года завод перешел на применение гидрофильной пасты, содержащей ПАП-1 и 13 % воздухововлекающей поверхностно-активной органической добавки с условным названием «Поризатор». Добавка «Поризатор» является регулятором гашения извести и активным структурообразующим компонентом за счет дополнительного воздухововлечения и поверхностно-активного действия, препятствующего слиянию образующихся газовых пузырьков. Поэтому полученный ячеистый бетон характеризуется мелкой равномерно



распределенной и в основном замкнутой пористостью, но поры вытянуты в направлении роста массива, стенки пор тонкие (рис. 1, а).



*а*

*б*

Рис. 1. Структура автоклавного газозолобетона, полученного по литьевой (*а*) и ударной (*б*) технологии

Строительно-эксплуатационные свойства ячеистых бетонов зависят от способа образования пористости, равномерности распределения пор, их характера. Оптимальной ячеистой структурой следует считать равномерно распределенную в объеме материала пористость в виде полидисперсных по размеру, замкнутых, деформированных в правильные многогранники пор, разделенных тонкими и плотными, одинаковыми по сечению межпоровыми перегородками с глянцевой поверхностью пор. Форма пор должна приближаться к правильному додекаэдру (двенадцатиграннику).

При применении литьевой технологии для затворения бетонной смеси расходуется большое количество воды при повышенном количестве вяжущих материалов, что отрицательно влияет на свойства газобетона. Использование ударной технологии наоборот снижает расход воды затворения бетонной смеси за счет эффекта тиксотропного разжижения. Кроме того, динамические воздействия в начале процесса гидратации цементно-известкового вяжущего разрушают коагуляционную структуру, разжижают смесь, а позднее обеспечивают уплотнение межпорового вещества (рис. 1, б).

Газозолобетон, полученный по ударной технологии, по сравнению с литьевой, характеризуется пониженным содержанием «опасных» переходных пор радиусом 0,01-0,10 мкм и большим объемом пор радиусом 10-50 мкм. Таким образом, ударная технология обеспечивает получение газобетона с оптимальной структурой, характеризующейся равномерным

распределением замкнутых пор, без расслоений и наличия трещин в массиве. Результаты определения физико-механических свойств ячеистых блоков одинаковой плотности, но полученных по разной технологии – ударной и литьевой, показаны в табл. 2.

Таблица 2

Физико-механические свойства газозолобетонov марки по плотности D500

Наименование показателя	ООО «ПСО «Теплит», ударная	ОАО «Бетфор», литьевая
Плотность в сухом состоянии, кг/м <sup>3</sup>	521	532
Отпускная влажность, мас. %	32,6	25,1
Предел прочности при сжатии, МПа	4,7	3,8
Предел прочности при изгибе, МПа	1,00	1,02
Класс прочности	B3,5	B2,5
Морозостойкость	F50	F35
Теплопроводность в сухом состоянии, Вт/м·°C	0,139	0,151
Водопоглощение, об. %	38,8	39,8

При производстве газозолобетона на ООО «ПСО «Теплит» в качестве вяжущего вещества, кроме портландцемента, дополнительно используется строительная известь ЗАО «Известь Сысерти», которая не удовлетворяет технологическим требованиям по времени гашения (необходимо 8-10 мин). Однако применение быстрогасящейся извести приводит к преждевременному созреванию массива, снижает качество ячеистого бетона, нарушает ритм и управляемость технологическим процессом.

Исследовано влияние различных добавок (суперпластификатора С-3, асфальтена и медного купороса) на дисперсность, время и температуру гашения молотой извести и свойства автоклавного газозолобетона. Установлено, что увеличение количества указанных добавок повышает удельную поверхность и замедляет время гашения извести (табл. 3). Добавка медного купороса в количестве 1 % от массы извести увеличивает время ее гашения от 6 до 9 мин, суперпластификатора С-3 – до 10 мин при сохранении температуры гашения более 90 °C. Использование извести, размолотой с оптимальной химической добавкой не ухудшает качество автоклавного газозолобетона. Для ООО «ПСО «Теплит» разработаны и внедрены рекомендации по регулированию скорости гашения извести.

Влияние вида добавки на свойства извести (количество добавки 1 % от массы извести)

Добавка	Удельная поверхность, м <sup>2</sup> /кг	Время гашения, мин	Температура гашения, °С
Известь без добавки	650	6	91
Суперпластификатор С-3	911	10	91
Медный купорос	890	9	90,5
Асфальтен	810	6	79

В УрФУ разработана технология получения активированной газобетонной смеси при производстве неавтоклавного бетона, позволяющая ускорить ее твердение и сократить число операций и механизмов до минимума посредством их функционального совмещения. Базовым элементом технологии является смеситель-активатор циклического действия, включающий коническую емкость и собственно активатор в виде корпуса-улитки и колеса-турбинки с электроприводом. Агрегат работает в двух режимах. В *режиме активации* исходная смесь самотеком поступает из емкости в активатор и после контакта с турбинкой подается обратно в емкость, т. е. имеет место циркуляция смеси по замкнутому контуру. В процессе активации при контакте с лопатками турбинки с поверхности алюминиевой пудры удаляется парафин, а с зерен цемента – пленки из продуктов его гидратации, что обеспечивает ему ускоренную гидратацию и твердение. На второй стадии, *в режиме транспортирования*, готовая смесь поступает в формы или опалубку, где происходит ее вспучивание. При транспортировании отключается «внутренний» контур, по которому циркулирует активирующая смесь и включается «наружный» контур.

Помимо ускорения твердения гидромеханическая активация обеспечивает гидролиз алита в цементе, что сопровождается выделением большего количества гидроксида кальция, который вступает с алюминием в известную реакцию с образованием водорода, вспучивающего исходную смесь. Таким образом, в представленной технологии имеет место совмещение процессов и операций, упрощающее и удешевляющее ее. Следует добавить, что выход  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  зависит от содержания алита в клинкере и от доли добавок в цементе, т. е. для различных видов цемента не одинаков. По этой причине стабильность получения необходимого уровня вспучивания обеспечивается введением щелочной добавки, стимулирующей газообразование, расход которой регулируется применительно к щелочному потенциалу конкретного цемента.

На базе центробежного насоса типа К-18 разработан опытно-промышленный вариант мобильной установки для получения неавтоклавного газобетона производительностью до

0,5 м<sup>3</sup>/ч. Помимо монолитного строительства данная установка может быть использована в мини-производстве газоблоков. Конструкция включает опорную раму с 4 колесами, на которой смонтированы емкость объемом 100 л, насос и электропривод к нему с клиноременной передачей. Рабочее колесо насоса заменено турбинкой с 8 лопастями.

Внутренний контур системы выполнен из металлических труб, наружный контур представлен металлическим патрубком и дюритовым рукавом. В системе имеются также два шаровых вентиля для переключения режимов. Масса устройства около 80 кг. На данном устройстве получен газобетон плотностью D500-D800 и прочностью 1,1-2,1 МПа. Установка позволяет осуществлять заливку стен и перекрытий, а в случае необходимости может использоваться для получения конструкционного бетона. Значимым достоинством данного устройства также следует считать совмещенность в нем активирующей и транспортирующей функций.

В.Н. ЛЕВЧЕНКО, ООО «ПСО «Теплит»

г. Екатеринбург

## **НОВАЯ ПРОДУКЦИЯ ООО «ПСО «ТЕПЛИТ»**

ООО «ПСО «Теплит» является крупнейшим производителем изделий из автоклавного газобетона и динамично развивающейся строительной компанией. В состав предприятия входят два завода: в пос. Рефтинский (основан в 1989 г.) и в г. Березовский (основан в 2004 г.) общей производственной мощностью 520 тыс. м<sup>3</sup>/год, а также строительное управление – СУ 256, осуществляющее весь цикл работ – от разработки проекта до выполнения монтажа.

Наше предприятие выпускает твинблоки – изделия стеновые неармированные из ячеистого бетона автоклавного твердения (ГОСТ 31360), которые производятся на оборудовании немецкой компании «WERNHAIN», и возводит из них малоэтажные дома по оригинальной технологии. Твинблоки применяют в качестве несущих и самонесущих элементов в наружных стенах зданий и сооружений, а также для возведения внутренних стен и перегородок в помещениях.

Новым продуктом, с которым ООО «ПСО «Теплит» вышел на строительный рынок, стали укрупненные (неармированные) твинблоки. Они отличаются от традиционных блоков большими размерами (табл. 1): длина изделий достигает 1500 мм, высота 625 мм, толщина 400 мм.

Номенклатура укрупненных твинблоков

Маркировка	Геометрические размеры, мм			Масса изделий, кг
	длина	ширина	высота	
УТБ 300 М	500	300	630	47,2
УТБ 300 С	750	300	630	70,9
УТБ 300 Б	1000	300	630	94,5
УТБ 300БМ	1500	300	630	141,4
УТБ 400 М	500	400	630	63,0
УТБ 400 С	750	400	630	94,5
УТБ 400 Б	1000	400	630	126,0
УТБ 400БМ	1500	400	630	189,0

\* Масса изделий определена при плотности 500 кг/м<sup>3</sup> и влажности 0 %

Применение укрупненных блоков дает существенное увеличение производительности кладочных работ (в 2-3 раза по сравнению с использованием обычных твинблоков). Бригада из трех человек способна возвести трехэтажную «коробку» в течение одного месяца.

Кроме этого, сокращается количество швов, что повышает однородность возводимой конструкции, и в конечном итоге положительно сказывается на теплоэффективности всего сооружения. Для строительства дома из укрупненных твинблоков не нужно привлекать сложное подъемно-транспортное оборудование. Все операции можно выполнять с помощью средств малой механизации – простейшего мини-крана (см. рис. 1), который мы предоставляем в аренду нашим клиентам.

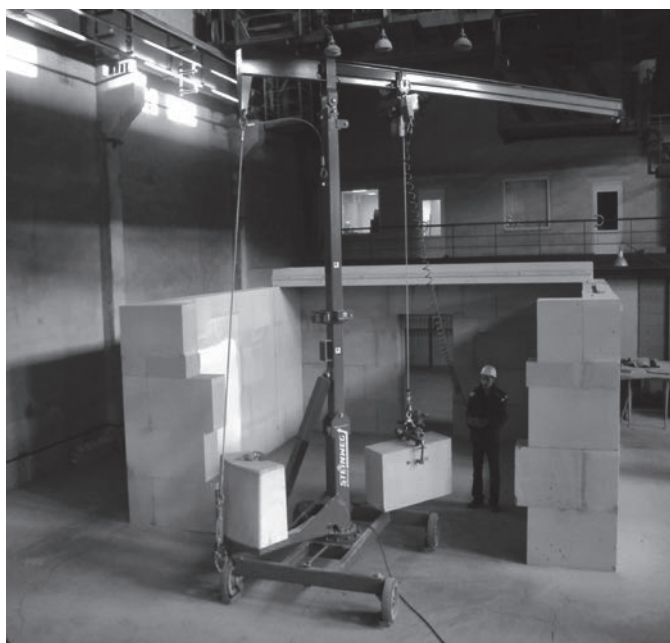


Рис.1. Монтаж укрупненных твинблоков с помощью мини-крана

Также, предприятием освоен выпуск лотковых блоков (рис. 2). Данный вид продукции предназначен для изготовления сборно-монолитных перемычек (рис. 3). Кроме этого, лотковые блоки используются в качестве несъемной опалубки для выполнения железобетонного каркаса по контуру здания. В настоящее время налажен выпуск лотковых блоков двух видов: толщиной 300 и 400 мм.

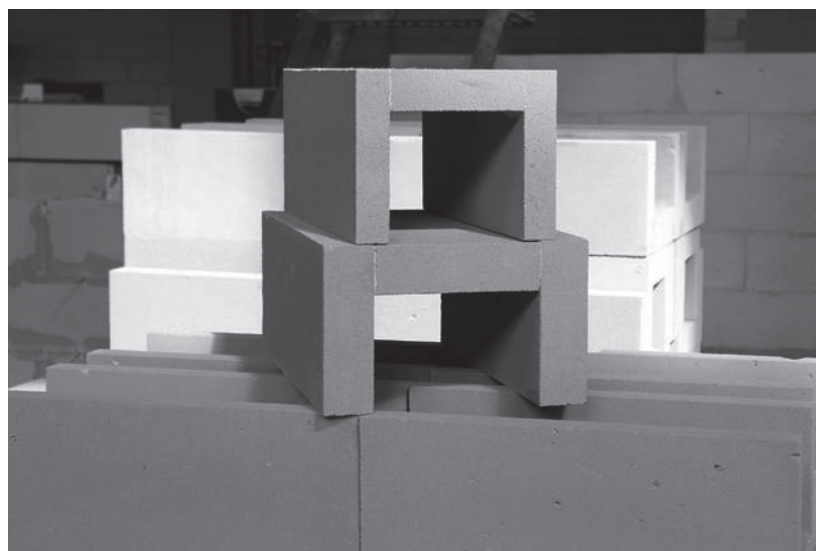


Рис. 2. Лотковые блоки

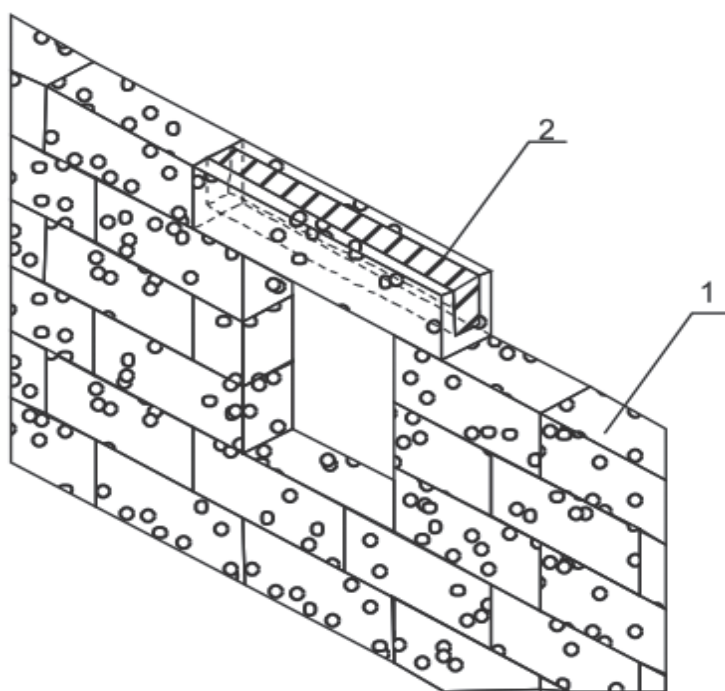


Рис. 3. Сборно-монолитная перемычка, изготовленная из лотковых блоков:

1 – стеновые твинблоки;

2 – железобетон

В июне 2012 г. ООО «ПСО «Теплит» на производственной площадке в пос. Рефтинский запустило новую производственную линию сухих строительных смесей, которая оснащена современным автоматизированным оборудованием фирмы «Вселуг».

Производственная мощность линии составляет 55,5 тыс. тонн сухих смесей в год. При производстве смесей используется зола-уноса Рефтинской ГРЭС, портландцемент, известь и добавки.

Рецептура сухих смесей разработана ГОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный технологический университет». В настоящее время на производственной линии могут выпускаться: клей для кладки изделий из ячеистого бетона, шпаклевочная смесь для наружных работ и внутренних работ, смесь для стабилизации грунтов (табл. 2). Смеси для ячеистого бетона фасуются в мешки по 30 кг.

Характеристики клеевой смеси

Наименование показателя	Вид смеси		
	Клей для кладки изделий из ячеистого бетона «Твинблок –КЛ»	Шпаклевка	
		для внутренних работ	для наружных работ
Внешний вид	Сыпучая смесь серого цвета без комков и механических примесей		
Подвижность по Рк, см	168	160	160
Время пригодности раствора к использованию, ч, не менее	2,0	3,0	1,5
Водоудерживающая способность растворной смеси, %	99,3	96	96
Предел прочности при сжатии в возрасте 28 сут., МПа	4,7	-	2,5
Прочность сцепления раствора с основанием, МПа	0,2	0,1	0,2
Морозостойкость, не менее	F35	F35	F35

Запуск технологической линии по производству сухих строительных смесей увеличит количество используемой золы-уноса Рефтинской ГРЭС на предприятии на 50 тыс. тонн в год при общем объеме ее переработки 250 тыс. тонн в год.

Таким образом, ООО «ПСО «Теплит» расширило ассортимент предлагаемых строительных материалов и услуг. Помимо стеновых материалов мы производим сопутствующие материалы (клей, лотковые блоки и др.), а также выполняем строительномонтажные работы и предоставляем услуги по передаче в аренду средств малой механизации, используемой при строительстве малоэтажных домов. Надеемся, что вы по достоинству оцените наши новые предложения.



В.Б. САЛЬНИКОВ, канд. техн. наук, ООО «Инпад»

В.А. БЕЛЯКОВ, канд. техн. наук, ФГБУ «ВНИИ ГОЧС МЧС РФ»

Г.С. ПЕКАРЬ, канд. техн. наук, ФГАОУ ВПО «УрФУ имени первого Президента России

Б.Н. Ельцина»

Н.И. ФОМИН, ФГАОУ ВПО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

К. А. ЗАМАРАЕВ, ФГАОУ ВПО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

г. Екатеринбург

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ И ДЕФОРМАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СТЕКЛОПЛАСТИКОВЫХ КРЕПЕЖНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ, УСТАНОВЛЕННЫХ В КАЧЕСТВЕ ГИБКИХ СВЯЗЕЙ В СТЕНОВЫХ КОНСТРУКЦИЯХ**

Используемые в современном строительстве конструктивные решения стеновых ограждений зданий отличаются достаточным многообразием. При этом принимаемое проектировщиком конструктивное решение должно отвечать ряду требований, которые определяют надежность и безопасность эксплуатации конструкции, в частности, энергоэффективность, несущая способность к восприятию нагрузок, долговечность.

Решение задач энергоэффективности ограждающей конструкции привело к необходимости использования двух- и трехслойных стеновых систем, включающих в себя слой эффективного утеплителя. В качестве наружного, защитно-отделочного слоя ограждающей конструкции используются штукатурные составы, системы навесных вентилируемых фасадов либо облицовка кирпичом. В последнем случае важным элементом надежности стенового ограждения является несущая способность конструкции на восприятие усилий напора и отсоса, возникающих вследствие воздействия на здание ветровой нагрузки.

Восприятие таких нагрузок, в случае применения трехслойной ограждающей конструкции, обеспечивается закреплением слоев кладки к междуэтажным перекрытиям и несущим стенам здания (по периметру кладки), а также за счет создания связей между наружным и внутренним слоями кладки. Данное техническое решение реализуется за счет применения в качестве гибких связей из новых недостаточно исследованных элементов – стеклопластиковых дюбелей.

На основании выполненного литературного обзора по данной тематике установлено, что научные исследования, посвященные работе стеклопластиковых элементов в конструкциях стен из различных материалов, недостаточно широко представлены в печати или отсутствуют. В связи с этим Строительным институтом ФГАОУ ВПО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» в настоящее время проводятся исследования эксплуатационных

характеристик стеклопластиковых элементов в легких бетонах [1, 2]. Исследование несущей способности стеклопластиковых дюбелей и усилий их сцепления с кладкой из кирпича и твинблока, осуществленное в рамках данного научного направления, рассматривается ниже по тексту статьи.

Стеклопластиковые дюбели типа ДС2 или аналоги применяются при возведении наружных стен здания и предназначены для связи слоев кладки, выполняемых из различных материалов. Наиболее распространен вариант кладки с использованием внутреннего слоя из мелкоштучных ячеистобетонных блоков автоклавного твердения производства ООО «ПСО «Теплит» и наружного слоя из облицовочного силикатного кирпича. Внешний вид стеклопластикового дюбеля представлен на рис. 1, размеры поперечного сечения дюбеля, замаркированные на рисунке, даны в табл. 1 (по данным СТО 20994511-001-2009 [4]).

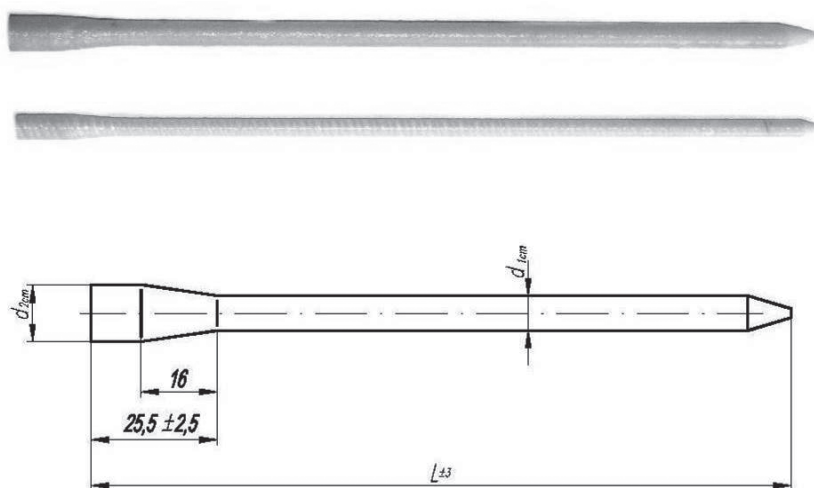


Рис. 1. Внешний вид стеклопластикового дюбеля ДС-2

Таблица 1

Размеры поперечного сечения стеклопластикового дюбеля ДС-2

Тип дюбеля	Марка (обозначение) РЭ	Размеры, мм	
		$d_{1ст}$	$d_{2ст}$
ДС-2	РЭ2	$5,5 \pm 0,2$	$7,7 \pm 0,4$

В процессе ведения каменных работ стеновые дюбели закладываются в кладку из кирпича (при возведении стен изнутри здания), далее, ввиду кратности размеров кирпича и блока, дюбель оказывается заделанным в швы между рядами укладываемых блоков. Аналогичная ситуация возникает при проведении работ по кладке с лесов. Для проведения испытания использовался тестовый домкрат (адгизиметр) Hydrajaws Model 2000 MG105E(20), имеющий свидетельство о метрологической поверке. Тестовый домкрат (далее по тексту тестер)

разработан специально для испытания прочности крепёжных элементов и анкерных систем на вырыв (рис. 2).

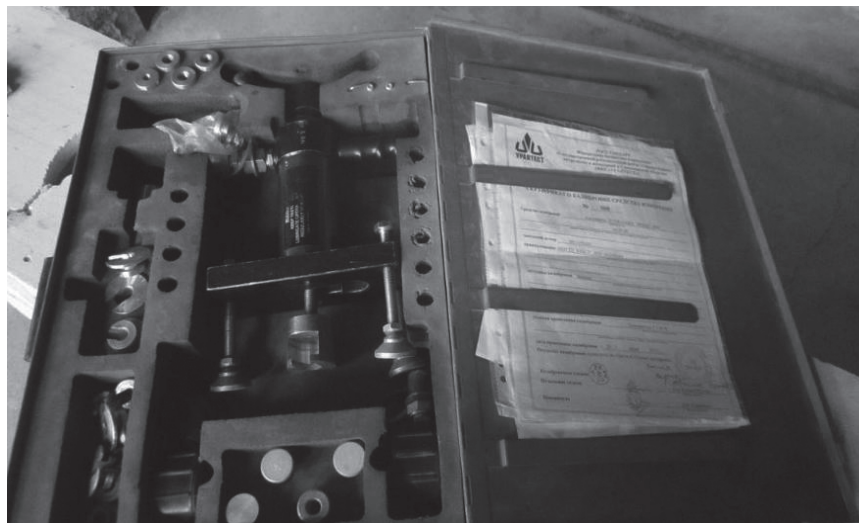


Рис. 2. Тестер Hydrajaws Model 2000 MG105E(20)

Основные технические характеристики прибора составляют:

- диапазон нагрузок на вырыв – от 0 до 25 кН;
- расчетный диапазон динамометра: 0-5, 0-10, 0-15, 0-20 и 0-25 кН;
- погрешность динамометра  $\pm 2,5$  % диапазона шкалы.

Испытания проводили по методике, близкой к приведенной в Стандарте ФГУ «ФЦС» [3] и ранее использованной при испытаниях ООО «Евротест» [5], до момента сдвига дюбеля, закрепленного в кладке. До проведения контрольных испытаний была проведена серия пробных, целью которых было:

- оптимизировать конструкцию зажимного устройства, обеспечивающего возможность передачи вырывного усилия от тестера на стержень дюбеля;
- оценить степень влияния прочности твинблока производства ООО «ПСО «Теплит» на величину усилия вырыва;
- оценить степень влияния типа клея, применяемого при кладке твинблока на величину усилия вырыва.

По результатам предварительных испытаний сделаны следующие предпосылки для проведения дальнейших исследований:

1. Принята конструкция зажимного устройства, выполненная на основе заклинивающей гайки и самофиксирующихся зацепов, которая, с одной стороны, закреплялась на анкере диаметром 5,2-5,5 мм, а с другой, за счет приваренного оконечника, фиксировалась в Тестере (см. рис. 3). По результатам испытаний установлено, что разработанная деталь позволяет

удерживать пластиковый анкер при усилиях вплоть до значения в 4 кН, при котором анкер перестает работать в зоне упругих деформаций и начинается его разрушение (разрыв или необратимое удлинение).

2. При проведении предварительных испытаний установлено, что марка твинблока производства ООО «ПСО «Теплит» (исследовали блоки с плотностью 500 и 600 кг/м<sup>3</sup>) не оказывает значимое влияние на усилие вырыва анкерного элемента из кладки (разброс результатов носил несистемный характер).

3. Установлено, что марка клея оказывает существенное влияние на значение вырывного усилия, в связи с этим выполнена кладка двух стеновых фрагментов из твинблока плотностью 400 и 500 кг/м<sup>3</sup> на разных типах клея:

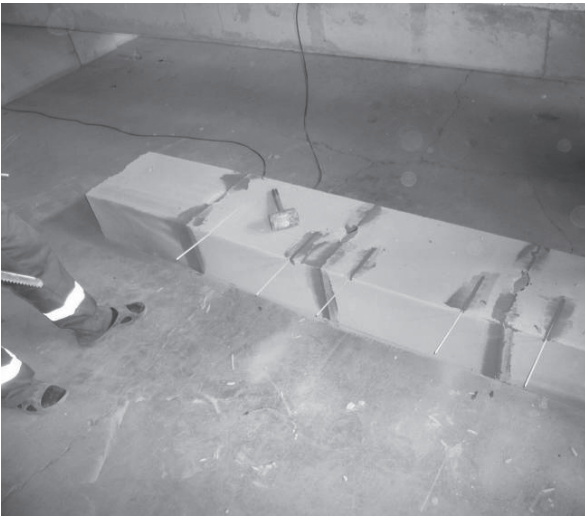
- на основе сухой смеси Brozex КСБ-17 «Усиленный» (ООО «Завод сухих строительных смесей «Брозекс»);

- на основе сухой смеси «Твинблок-КЛ» (ООО «ПСО «Теплит»).



Рис. 3. Зажимное устройство, закрепленное на дюбеле

Для проведения испытаний были выполнены два фрагмента кладки из твинблока: кладка из блоков ТБ 400-5п на клеевом составе из смеси из «Твинблок-КЛ» (ООО «ПСО «Теплит»), кладка из блоков ТБ 300-4п на клеевом составе из смеси Brozex КСБ-17 «Усиленный». Дюбели закладывались утолщенным концом в заранее подготовленный паз в твинблоке с клеевым швом и замазывались сверху клеем (рис. 4).



*а*

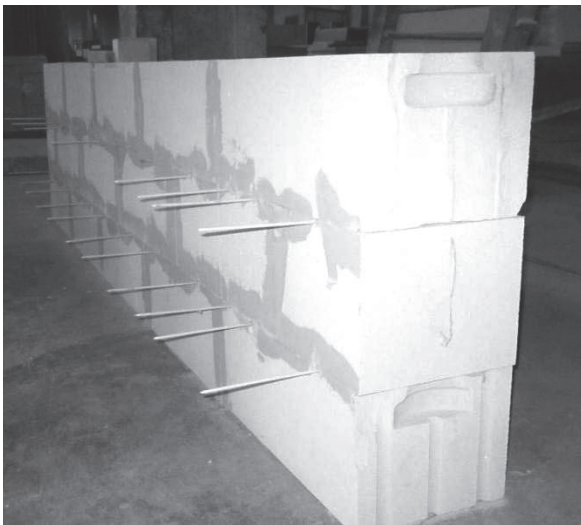


*б*

Рис. 4. Расположение анкеров в кладке:

*а* – в нижнем ряду блоков; *б* – в верхнем ряду блоков

Участки кладки из твинблоков после окончания строительных работ представлены на рис. 5. Фрагменты кладки на момент испытаний имели срок твердения не менее 28 суток. Для каждого типа кладки проводилась серия из 20 испытаний. Работа тестера на кладке из твинблоков показана на рис. 6.



*а*



*б*

Рис. 5. Участки кладки после окончания строительных работ:

*а* – кладка на клее «Брозекс»; *б* – кладка на клее «Твинблок-КЛ»

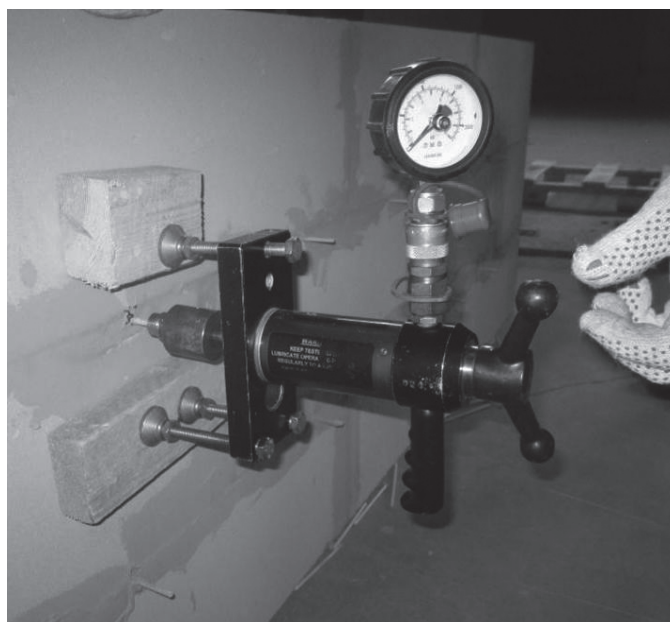


Рис. 6. Работа тестера на кладке из твинблоков

Исключив экстремальные результаты (минимальное и максимальное), получено, что среднее значение усилия для вырыва дюбеля составляет:

- для кладки из твинблоков на клее «Брозекс» 1,12 кН (111,9 кг);
- для кладки из твинблоков на клее «Твинблок-КЛ» 0,294 кН (29,4 кг).

График изменения усилия вырыва дюбеля представлен на рис. 7 (клей «Brozex»), рис. 8 (клей «Твинблок-КЛ»).

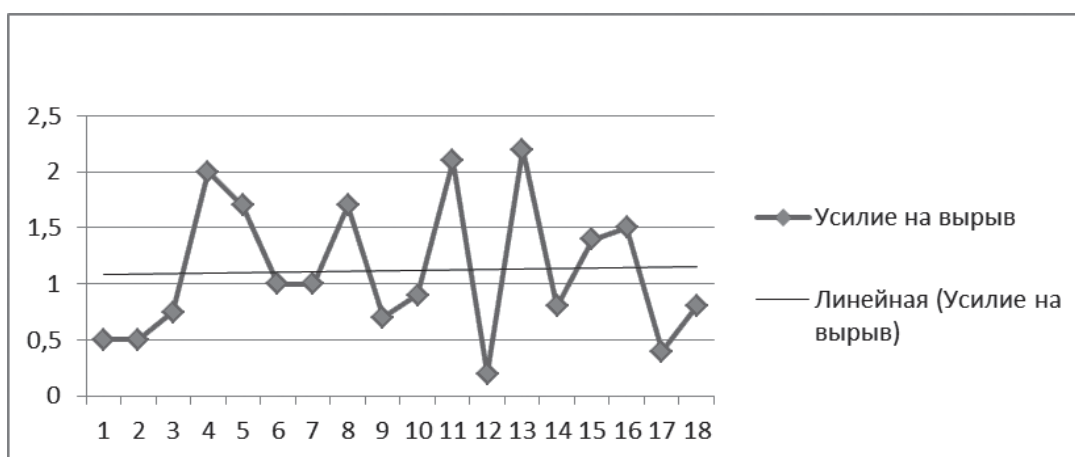


Рис. 7. Изменение усилия вырыва дюбеля из кладки на клее «Брозекс»

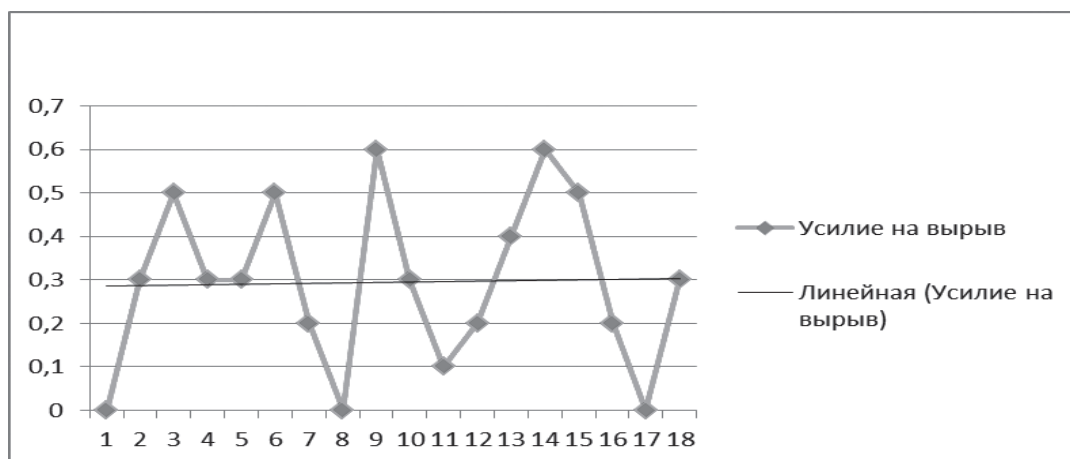


Рис. 8. Изменение усилия вырыва дюбеля из кладки на клею «Гвинблок-КЛ»

Испытания на вырыв дюбелей из кирпичной кладки проводили для трех вариантов установки дюбеля в кирпичную кладку:

- установка в шов (во время кладки);
- установка в тело кирпича с частичным попаданием в пустоту (после кладки);
- установка в тело кирпича (после кладки).

Испытания проводили непосредственно на строительном объекте в г. Екатеринбурге, где была выполнена кладка из силикатного облицовочного пустотелого кирпича производства ООО «КУЗСМ» на товарном растворе марки М100. Технология установки дюбеля в тело кирпича была принята следующей:

- в кирпиче рассверливается отверстие с помощью бура диаметром 10 мм;
- в отверстие вставляется полиамидный анкер на всю длину.

На рис. 9 представлены фрагменты кирпичной кладки с установленными стеклопластиковыми дюбелями. Общий вид и геометрия полиамидного анкера представлены на рис. 10, размеры анкера указаны в табл. 2 (по данным СТО 20994511-001-2009 [4]).

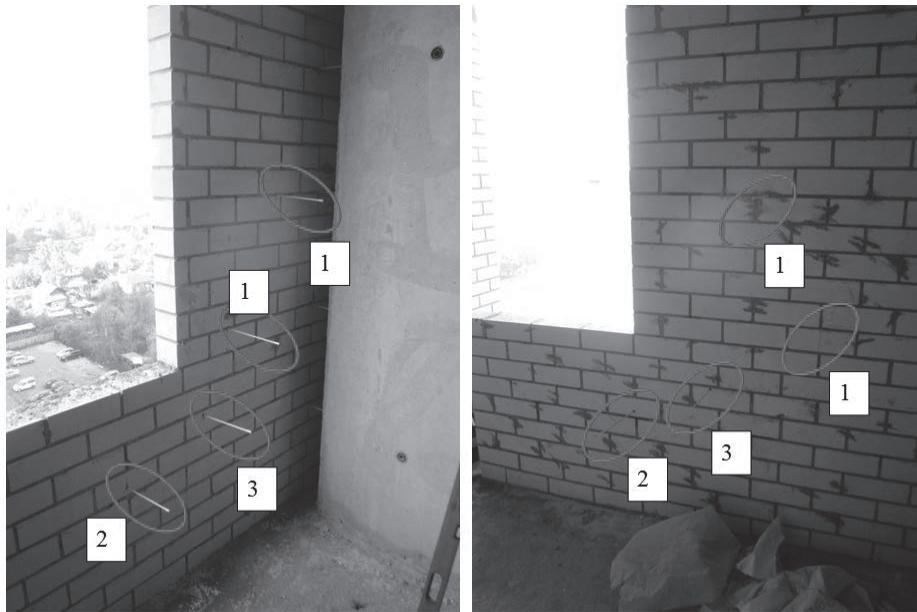


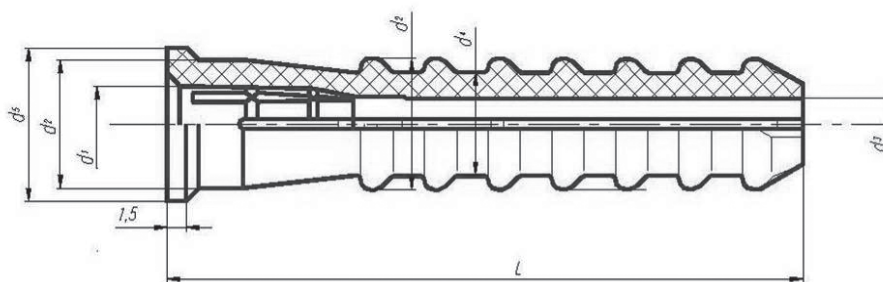
Рис. 9. Фрагменты каменной кладки с установленными дюбелями:  
1 – дюбель установлен в шов кладки; 2 – дюбель установлен в тело кирпича  
(с попаданием в пустоту); 3 – дюбель установлен в тело кирпича



*a*



*б*



*в*

Рис. 10. Полиамидный анкер:  
*a* – стеклопластиковый дюбель и анкер; *б* – анкер в разрезе  
(видна гладкая внутренняя поверхность); *в* – геометрия анкера



Размеры полиамидного анкера для стеклопластикового дюбеля ДС-2

Тип дюбеля	Марка анкерного элемента	Размеры, мм					
		$d_1$	$d_2$	$d_3$	$d_4$	$d_5$	$L$
ДС-2	АЭ 50	5,9	10,0	4.2	8	12	50

Фрагменты кладки на момент испытаний имели срок твердения 14 дней. Для каждого типа кладки проводилась серия из 20 испытаний. Работа тестера на вырыв анкера из кирпичной кладки показана на рис. 11.



Рис. 11. Общий вид работы тестера по вырыву дюбеля из кирпичной кладки

Испытания на вырыв дюбелей, установленных в шов кладки, показали, что значения усилий сопротивления вырыву близки к нулю. Дюбель без сопротивления иногда еще в процессе установки измерительного прибора выходил из кладки. Было проведено пять измерений по данному типу, после чего они были прекращены ввиду нецелесообразности. Исключив экстремальные результаты (минимальное и максимальное), получено среднее значение усилия для вырыва дюбеля из кирпичной кладки:

- при установке дюбеля в тело кирпича с частичным попаданием в пустоту усилие составляет 0,106 кН (10,6 кг);

- при установке дюбеля в тело кирпича усилие составляет 0,589 кН (58,9 кг).

Графики изменения усилия вырыва дюбеля из кирпичной кладки представлены на рис. 12 и 13.

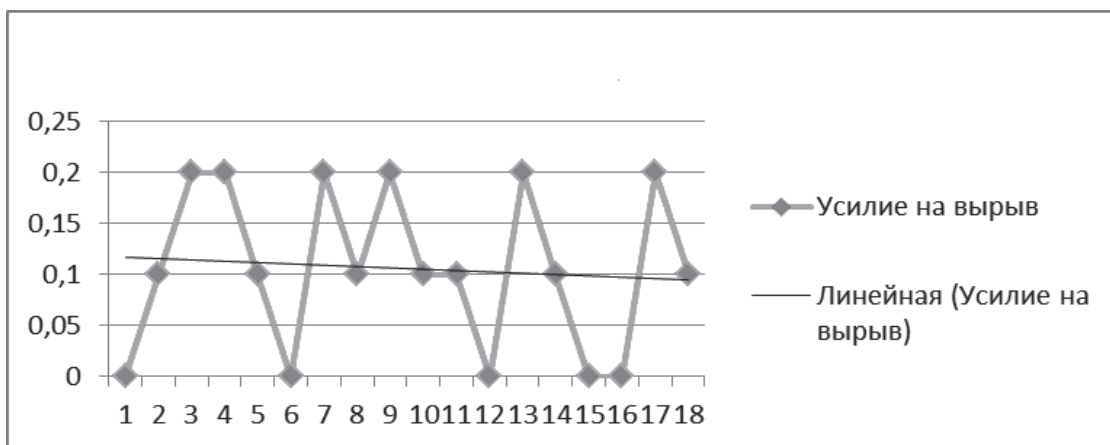


Рис. 12. Изменение усилия вырыва дюбеля из кирпичной кладки при попадании дюбеля в пустоту

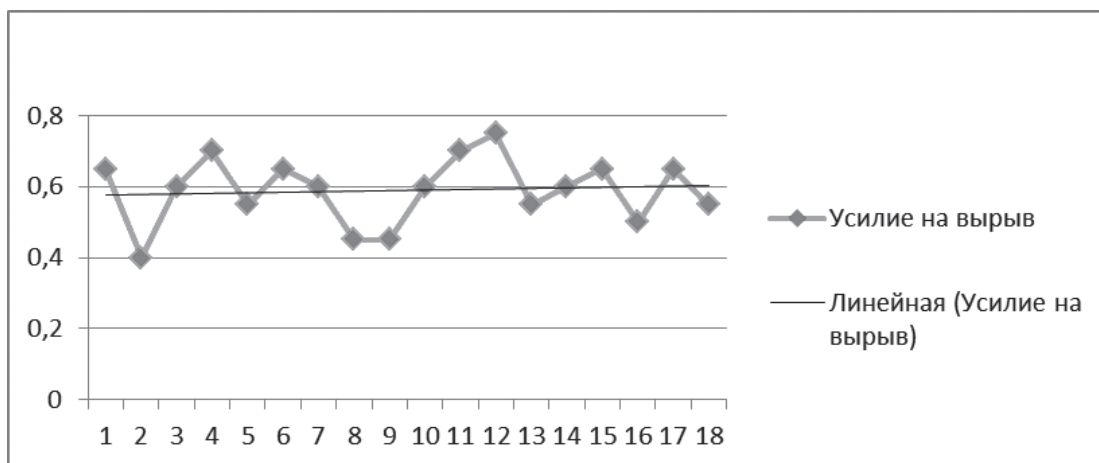


Рис. 13. Изменение усилия вырыва дюбеля из кирпичной кладки при попадании дюбеля в тело кирпича

**Основные выводы по работе:**

1. Получены новые экспериментальные данные о работе под нагрузкой стеклопластиковых элементов, которые используются в качестве гибких связей в стеновых конструкциях, применяемых в условиях Уральского региона.
2. Установлено, что при выполнении кладки наружного слоя ограждающей конструкции закладка дюбелей в швы кирпичной кладки не допускается вследствие установленных низких значений сопротивления вырыву.

3. Полученные результаты экспериментальных испытаний в целом согласуются с результатами натурных испытаний, выполненных ранее ООО «Евротест» по заказу ООО «Бийский завод стеклопластиков», г. Москва [5].

4. При проектировании исследованных типов ограждающих конструкций рекомендуется использовать результаты проведенных испытаний для определения мест установки дюбелей, связывающих наружные и внутренние стены.

5. Полученные результаты говорят о необходимости изменении существующей технологии устройства слоистых стен с гибкими связями из стеклопластиковых дюбелей. Процесс установки дюбеля в кирпичную кладку яруса должен выполняться после ее окончания. Анкерная часть дюбеля должна быть установлена в тело кирпича между его пустотами. В этом случае операции разметки и сверления кирпича оказываются весьма ответственными и трудоемкими, поэтому необходима разработка специальных шаблонов для сверления, составления актов на скрытые работы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1 Сальников В.Б. Применение стеклопластиковой арматуры в легких бетонах // «Интеграция, партнерство и инновации в строительной науке и образовании»: сб. трудов междунар. научной конф. М.: ФГБОУ ВПО МГСУ (НИУ), 2012. Т.1. С. 443-447.

2 Носков А.С. Целесообразность применения стеклопластиковой арматуры периодического профиля в конструкциях из легких пенополистирольных бетонов // «Современная наука глазами молодых исследователей»: сб. статей II всеросс. научно-практич. конф. молодых ученых и специалистов. Красноярск: Изд. Научно-инновационный центр, 2012. Т. 2. С. 132-135.

3 Стандарт ФГУ «Федеральный центр технической оценки в строительстве» 44416204-09-2010 «Крепления анкерные. Метод определения несущей способности анкеров по результатам натурных испытаний». М.: ФГУ «ФЦС», 2010. 16 с.

4 СТО 20994511-001-2009 «Дюбели тарельчатые строительные стеновые забивные «БИЙСК». Расчет количества дюбелей и толщины утеплителя при проектировании фасадных систем, правила применения дюбелей».

5 Протоколы № ЕТ/06-90, № ЕТ/05-09, ЕТ/06-85 по результатам испытаний тарельчатых дюбелей в фасадных системах от 29.06.06, выполненные ООО «Евротест».

Ю.А. РЫХЛЕНОК, Научно-исследовательское республиканское унитарное предприятие по строительству «Институт БелНИИС», г. Минск, Республика Беларусь

## **ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА И ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПОЭТАЖНО ОПЕРТЫХ СТЕН, ВЫПОЛНЕННЫХ КЛАДКОЙ ИЗ ЯЧЕИСТОБЕТОННЫХ БЛОКОВ**

С развитием каркасного метода строительства гражданских, в первую очередь жилых зданий, ячеистый бетон в конструкциях наружных стен явился тем материалом, который позволяет обеспечивать их архитектурную выразительность, высокие потребительские качества помещений и конкурентоспособность домов по сравнению с традиционными решениями. Считаем, что кладка из автоклавных ячеистобетонных блоков (D400-D500) в стеновых заполнениях каркасных зданий будет иметь и в дальнейшем широкое распространение по следующим объективным причинам. Во-первых, применение ячеистобетонных изделий при строительстве зданий жилого назначения позволяет сократить энергопотребление на отопление, снизить нагрузку на фундаменты и основания, что способствует сокращению общей стоимости строительства. Во-вторых, мелкие ячеистобетонные блоки являются объективно самым дешевым и доступным стеновым материалом в строительстве.

Отличительными особенностями производимых ячеистобетонных изделий являются их более низкая плотность (D300-D500 – для стеновых блоков, D600-D1100 – для армированных конструкций), высокое соотношение прочности и плотности бетона, а также точность геометрических параметров изделий. Современные несущие системы многоэтажных гражданских зданий, к которым относятся не только каркасные, но и системы зданий с поперечными несущими стенами, имеют выгодно отличающие их конструктивные особенности. В таких зданиях наружные стены выполняют, как правило, с поэтажным опиранием на междуэтажные перекрытия (см. рис. 1). При этом конструкция стены разделена на отдельные участки, ограниченные высотой этажа и шагом колонн.

Наружные стены и внутренние перегородки, опертые поэтажно на перекрытия в пределах каждого этажа, являются ненесущими. Действующие на них нагрузки незначительны, что позволяет в таких случаях применять материалы с невысокой прочностью. Конструкция поэтажно опертых стен (см. рис. 2) предполагает выполнение ими, в первую очередь, ограждающих функций, направленных на создание комфортных условий в помещениях.



Рис. 1. Комплекс 22-этажных жилых домов с несущим каркасом из монолитного железобетона и поэтажно опертыми стенами из ячеистобетонных блоков в микрорайоне «Каменная горка-1» в г. Минске

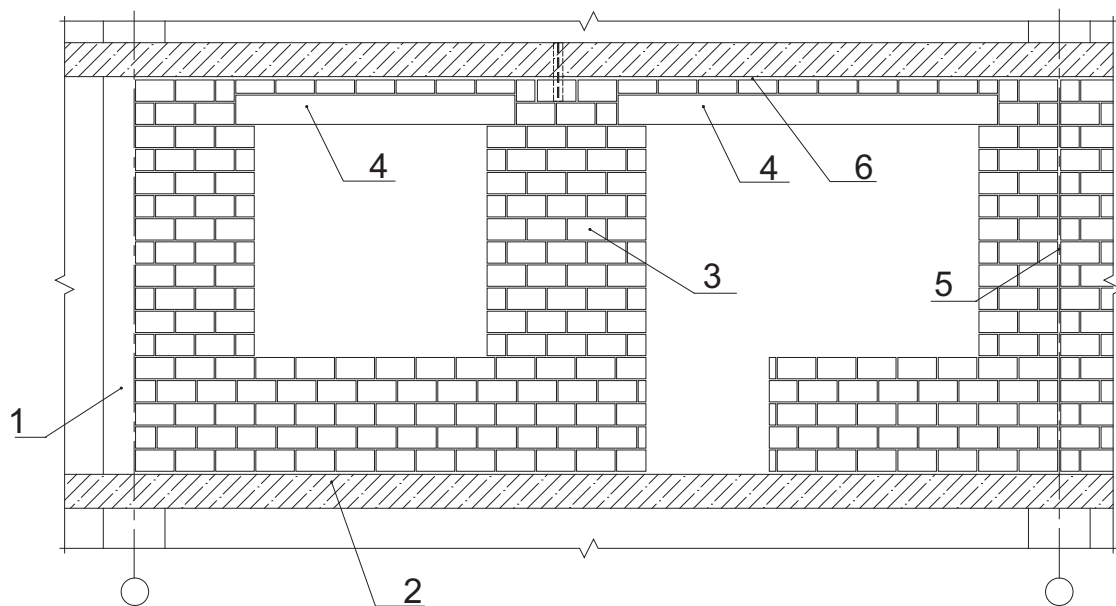


Рис. 2. Схема устройства поэтажно опертых наружных стен из мелких ячеистобетонных блоков: 1 – колонна или поперечная несущая стена; 2 – диск перекрытия; 3 – кладка из ячеистобетонных блоков; 4 – армированная перемычка из ячеистого бетона; 5 – вертикальный деформационный шов; 6 – горизонтальный деформационный шов

Проектирование ограждающих конструкций зданий сопряжено с необходимостью учета разнообразия выполняемых ими функций, применяемых технических решений и свойств

материалов, условий работы и природы действующих нагрузок. Наружные поэтажно опертые стены жилых и гражданских зданий следует проектировать по возможности минимальной массы при обеспечении нормируемых теплофизических характеристик (сопротивления теплопередаче, температурно-влажностного режима, воздухопроницаемости), а также прочности, жесткости, трещиностойкости, огнестойкости и других требований, предъявляемых нормативной и проектной документацией.

В первую очередь при проектировании поэтажно опертых наружных стен крайне важно обеспечить температурный режим конструкции ограждения. Следует отметить, что однослойные конструкции наружных стен из ячеистобетонных блоков имеют наилучший температурно-влажностный режим по сравнению с любыми многослойными конструкциями и наиболее экономически оправданы. Используя стеновые блоки шириной от 375 мм и плотностью 400-500 кг/м<sup>3</sup>, можно обеспечить нормируемые требования по сопротивлению теплопередаче наружных стен. Кладку наружных стен из ячеистобетонных изделий рекомендуется вести с применением тонкослойных («клеевых») растворов, повышающих теплотехническую и конструкционную однородность, снижающих потери тепла через наружные стены до 20 % по сравнению с кладкой на традиционных растворах (плотностью 1700-1800 кг/м<sup>3</sup>) с толщиной шва 10-12 мм. При невозможности ведения кладки на клеевых растворах (например, при больших отклонениях от геометрических размеров блоков, при устройстве криволинейных участков) для кладки наружных стен следует применять «теплые» растворы плотностью 400-1200 кг/м<sup>3</sup>.

Элементы несущего остова здания – колонны (поперечные несущие стены) и перекрытия, изготовленные, как правило, из тяжелого бетона, располагаются в теле кладки и образуют теплопроводные включения. Конструкция наружных стен в местах примыканий к несущим элементам здания должна обеспечивать нормируемый температурный режим внутренней поверхности. Для повышения уровня тепловой защиты и обеспечения комфортных условий помещений следует не только учитывать дополнительные потери тепла, определять наиболее подверженные действиям холодных потоков участки и принимать соответствующие меры по обеспечению требуемых теплотехнических параметров, но и стремиться обеспечить теплотехническую однородность участков сопряжений по отношению к полю стены. С переходом на новые конструктивные решения расчет и последующий анализ температурных полей наружных стен стал жизненной необходимостью и неотъемлемой составляющей процесса проектирования.

Следует отметить, что наиболее уязвимым местом в кладке из ячеистобетонных блоков являются откосы оконных и балконных проемов. Современные оконные и дверные коробки, толщина которых приблизительно в полтора раза меньше применявшихся ранее, приводят к

заметному изменению температурного режима стен вблизи проемов и распределения температурных полей. В связи с этим возрастает вероятность образования конденсата на откосах вблизи коробок. Для предупреждения возникновения указанных дефектов в кладке наружных стен по боковым и нижнему откосу размещают теплоизоляционные вставки, размеры которых (ширину и глубину) определяют расчетом.

Большое значение для нормальной эксплуатации наружных стен имеет также отделка откосов по периметру проемов, поскольку эти участки кладки особенно подвержены перепаду температур, а с наружной стороны – и увлажнению атмосферными осадками. Известно, что на откосах могут образовываться участки застоя влаги, насыщающей раствор, что впоследствии может привести к его размораживанию, разрушению и обнажению кладки. Для исключения подобных негативных явлений следует применять дополнительное сетчатое армирование защитно-декоративных штукатурных покрытий, наносимых на откосы, предусматривать отлив по нижнему откосу для отвода атмосферных осадков от заполнения проема.

Особое внимание необходимо уделять обеспечению требуемого сопротивления воздухопроницанию наружных стен. Если для устройства стен используются блоки с тычковыми поверхностями, имеющими профиль типа "паз-гребень", необходим особенно тщательный контроль плотного примыкания блоков по вертикальным швам, которые выполняются насухо. Рекомендуем при выполнении кладки из пазогребневых блоков производить затирку или инъектирование наружных полостей вертикальных швов, а в случае выполнения наружной отделки по системе «вентилируемый фасад» – обязательно оштукатуривать стену с одной или с двух сторон. Следует иметь в виду, что сопротивление воздухопроницанию неоштукатуренной кладки из легкогобетонных изделий на порядок ниже аналогичного показателя кладки, оштукатуренной с двух сторон [1].

Определившись с конструктивным решением наружных стен, следует произвести расчеты конструкции стены на действие нагрузок, возникающих в стадии возведения стен и эксплуатации здания. Наружные поэтажно опертые стены должны быть рассчитаны на восприятие следующих нагрузок и воздействий:

- в плоскости стены – от собственного веса кладки стен с учетом наружного и внутреннего отделочных слоев, веса перемычек и элементов заполнения проемов (в стадии эксплуатации) и от возможных воздействий, передающихся от элементов каркаса при их деформации;

- из плоскости – от ветрового давления с наветренной и подветренной сторон и температурных деформаций в результате существующего градиента температуры внутреннего и наружного воздуха (для зимнего и летнего периодов).

При проектировании поэтажно опертых стен необходимо учитывать совместную работу несущих элементов здания (каркасной или стеновой несущей системы) и стенового заполнения. Несущие элементы здания, деформируемые под действующими на них нагрузками, могут передать воздействия на поэтажно опертые стены и перегородки, в том числе и через предусмотренные в контактных зонах упругие прокладки. Эти воздействия должны быть учтены в расчетах, которые следует выполнять методом конечных элементов.

Для оценки влияния вертикальных и горизонтальных деформаций несущего каркаса здания на заполнение поэтажно опертых стен необходимо выполнить расчет пространственной несущей системы здания и определить усилия и деформации в ее элементах. По результатам расчета модели поэтажно опертой стены следует выполнить оценку прочности кладки стены, для чего значения полученных напряжений  $\sigma_y$  и  $\sigma_x$  нужно сравнить с расчетными сопротивлениями кладки сжатию  $R$  и срезу по перевязанному сечению  $R_{sq}$ .

Проверку кладки стены при работе ее на изгиб по перевязанному сечению следует выполнить путем сравнения изгибающего момента  $M_x$  в нормальном сечении наиболее неблагоприятного участка стены с несущей способностью рассчитываемого сечения по формуле:

$$M_x = \sum (M_{xi} \cdot \Delta_{yi}) / \sum (\Delta_{yi}) \leq R_{tb} \cdot W, \quad (1)$$

где  $M_x$  – изгибающий момент, кН/м;  $M_{xi}$  – изгибающий момент в конечном элементе на единицу длины, кН/м;  $\Delta_{yi}$  – размер конечного элемента по оси Y, м;  $R_{tb}$  – расчетное сопротивление кладки растяжению при изгибе по перевязанному сечению, МПа;  $W$  – момент сопротивления сечения кладки при ее упругой работе, м<sup>3</sup>.

Если величина полученных в расчете напряжений  $R = M_x/W$  в элементах кладки окажется выше расчетного сопротивления  $R_{tb}$ , то необходимо предусмотреть армирование соответствующих участков кладки, например устройство армированного пояса в нижней зоне на высоту до 500 мм. Верхний армированный пояс рекомендуется располагать в уровне надпроемных перемычек при устройстве последних сборно-монолитными с применением лотковых блоков или по верхнему обрезу кладки.

Основным видом эксплуатационных воздействий, которые следует учитывать при проектировании поэтажно опертых стен, являются ветровые нагрузки, значения которых принимаются в соответствии с положениями СНиП 2.01.07. В общем случае участки наружных стен, расположенных в пределах одного этажа между двумя соседними колоннами (поперечными несущими стенами), необходимо проверять расчетом на ветровое воздействие для двух состояний: из условия опрокидывания из плоскости и смещения в горизонтальной плоскости за счет действия отрицательного ветрового давления (рис. 3).



В первом расчетном случае условием равновесия является преобладание удерживающего опорного момента  $M_{уд}$ , обусловленного собственным весом участка стены, над опрокидывающим  $M_{оп}$  от ветрового воздействия с подветренной стороны (рис. 3, а).

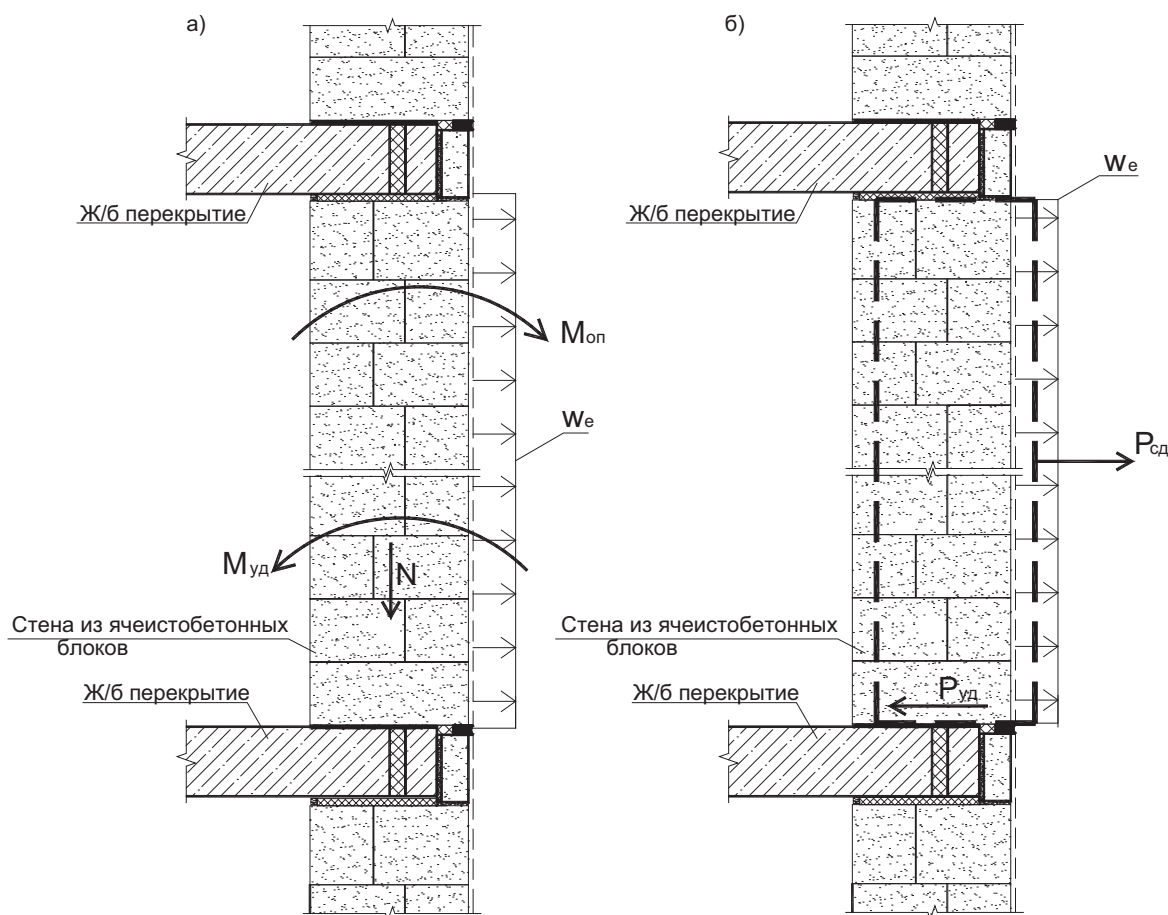


Рис. 3. Расчетные схемы поэтажно опертых наружных стен на ветровое воздействие

При этом расчет стены при ее работе из плоскости должен учитывать техническое решение узла опирания стены на диск перекрытия с учетом эксцентриситета. Конструктивно повышению устойчивости поэтажно опираемых участков стенового ограждения способствуют следующие мероприятия:

- устройство постели толщиной 20 мм из цементно-песчаного раствора марки не ниже М100 под первым рядом кладки в пределах этажа;
- заполнение деформационного зазора между кладкой и верхним перекрытием упругой прокладкой;
- наличие связей кладки с верхним перекрытием и колоннами.

Во втором расчетном случае удерживающее усилие  $P_{уд}$ , обеспечиваемое сцеплением нижнего слоя раствора с бетоном перекрытия и связями кладки с несущим остовом здания, должно превысить сдвигающее усилие  $P_{сд}$  от отрицательного ветрового давления  $W_e$  (см. рис. 3, б).

Если по результатам расчета на нагрузки, действующие из плоскости стены, напряжения в кладке окажутся выше значения расчетного сопротивления кладки растяжению по неперевязанному сечению, то необходимо предусмотреть установку дополнительных гибких связей и повторить поверочный расчет. Шаг и количество гибких связей, препятствующих деформациям кладки из плоскости и перераспределяющих нагрузку на каркас здания, назначается из условия оценки прочности по формуле:

$$M_{уд} + M_{св} < M_{оп}, \quad (2)$$

где  $M_{уд}$  – удерживающий момент, который создается нагрузкой от собственного веса стены;  $M_{св}$  – момент, воспринимаемый гибкими связями;  $M_{оп}$  – опрокидывающий момент, возникающий при работе кладки из своей плоскости от возможных расчетных сочетаний усилий.

Температурную нагрузку следует установить по результатам теплотехнических расчетов кладки наружной стены для соответствующих условий эксплуатации здания, рассчитанных для наиболее неблагоприятных периодов теплого и холодного времени года. В расчетах следует учитывать прямую и рассеянную солнечную радиацию, поступающую на вертикальную поверхность стены. По результатам теплотехнического расчета определяют сечение с максимальным градиентом температур. На указанный градиент температур выполняют расчет кладки стены. При этом максимум и минимум расчетных значений температур следует выбирать не в местах теплопроводных включений.

Необходимо отметить, что современные ограждающие конструкции требуют профессионального подхода, основанного на всесторонних знаниях смежных наук, накопленном опыте и анализе допущенных ошибок. Только при наличии этих трех составляющих возможно создание эффективных и экономичных ограждающих конструкций, на которые возложены ответственные функции обеспечения комфорта и безопасности объектов строительства.

## ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 25891-83. Здания и сооружения. Методы определения сопротивления воздухопроницанию ограждающих конструкций. М.: Стройиздат, 1983.

2. Применение ячеистобетонных изделий / С.Л. Галкин, Н.П. Сажнев, Н.Н. Сажнев, Л.В. Соколовский // Теория и практика. Минск: НП ООО «Стринко», 2004. 448 с.

А.В. ПЕША, ООО ТЦ «КРИСТ», региональный представитель фирмы «Мунго» на Среднем Урале  
г. Екатеринбург

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВАРИАНТОВ КРЕПЛЕНИЯ НАВЕСНЫХ ФАСАДНЫХ СИСТЕМ К АВТОКЛАВНОМУ ГАЗОБЕТОНУ**

Актуальность проведенной работы обусловлена широким применением изделий из ячеистого бетона в современной строительной индустрии. Учитывая практически сплошное покрытие (облицовывание) стен зданий системой навесного вентилируемого фасада или так называемыми «мокрыми» фасадами, почти всегда сопровождающееся утеплением стен, становится понятна актуальность исследований несущей способности крепежных элементов, устанавливаемых при монтаже фасадных систем.

В последнее время проблеме несущей способности крепежа уделяется значительно большее внимание. Постановлением Правительства РФ № 1636 о «Правилах подтверждения пригодности новых материалов, изделий, конструкций и технологий для применения в строительстве» регламентировано получение технического свидетельства о пригодности новой продукции для применения в строительстве на территории РФ. В Технической оценке на навесные фасадные системы (НФС) должны быть указаны все крепежные изделия для сборки и монтажа с указанием номера ТС крепежа. Обязательным условием стало: «До выполнения работ по монтажу системы необходимо:

- подтвердить достаточность несущей способности стены при действии на нее нагрузок от системы;
- провести контрольные испытания прочности установки крепежных изделий».

Необходимость таких контрольных испытаний вполне наглядно иллюстрирует рис. 1.



Рис.1. «Разнообразие» ячеистого бетона на одном из бизнес-центров в г. Челябинске

Становится ясно, что несмотря на то, что наше предприятие продвигает на строительном рынке Среднего Урала высококачественный крепеж швейцарской фирмы «Mungo», который, казалось, может позволить надежно прикрепиться к какому угодно базовому материалу, энтузиазма выездные полевые испытания на такие объекты не вызывают. Чаще всего, многие из таких ячеистобетонных блоков не несут даже и нагрузки 0,5 кН. В этой связи, совместно с ООО «ПСО «Теплит» проведены испытания крепежных элементов на твинблоках различной плотности. Испытания проводили на производственной площадке ООО «ПСО «Теплит», расположенной в г. Березовский.

Для проведения испытаний были подготовлены фрагменты кладки из твинблоков (изделия из газобетона автоклавного твердения по ГОСТ 31360-2007) производства ООО «ПСО «Теплит» 1×2,5 м.

Два фрагмента выполнены из твинблока ТБ 300-4п (плотность 408 кг/м<sup>3</sup>, предел прочности при сжатии 2,2 МПа) партии 6-84; два фрагмента – из твинблоков ТБ 300-5п (плотность 530 кг/м<sup>3</sup>, предел прочности при сжатии 4,2 МПа) партии 7-1 (рис. 2); два фрагмента – из твинблоков ТБ 400-6п (плотность 596 кг/м<sup>3</sup>, предел прочности при сжатии 6,2 МПа) партии 7-90. Кладка выложена на раствор, приготовленный из смеси сухой строительной «Твинблок–КЛ». Испытания проводили через 7 суток после укладки блоков.



Рис. 2. Фрагмент кладки из твинблоков ТБ 300-5п в процессе испытаний

Нами были проведены испытания дюбелей фасадных МВК-STB 10x100, МВК-STB 10x120 (рис. 3), химических анкеров MIT-SP со шпилькой M10\*140 производства фирмы «MUNGO Befestigungstechnik AG» (Швейцария) и дюбелей для крепления теплоизоляции TD10MT-140 (гвоздь с термоголовой), производство фирмы ООО «БАУ-ФИКС» (Россия).

Результаты всех трех исследований приведены соответственно в табл. 1, 2 и 3. В соответствии с Технической оценкой общее количество каждого вида дюбелей брали 15 штук, продолжительность нагружения составляла одну минуту. Максимальную нагрузку регистрировали при первом прекращении увеличения испытательной нагрузки.



Рис. 3. Дюбеля фасадные МВК-STB 10x100, МВК-STB 10x120

Нейлоновая продукция фирмы «Мунго» изготавливается из полиамида марки РА6. Полиамид – единственный достойный материал для производства анкерных дюбелей, он обладает высокой ударной вязкостью и повышенным показателем сопротивления деформации, не воспламеняется и не поддерживает горение, устойчив к воздействию агрессивных сред. Температурный интервал его эксплуатации от -40 до +80 °С.

Полученные нами результаты вполне объяснимы (см. табл. 1): более того, стало совершенно понятно, почему при проведении выездных натуральных испытаний на объектах наши испытатели, не имея информации о плотности базового материала, получали при столь, казалось бы, совершенно идентичных твинблоках такие разительно отличающиеся результаты. При установке химических анкеров (рис. 4) в блоках плотностью D 400 бурение отверстий производили ручным перфоратором без строгого контроля диаметра отверстия, потому ввиду малой плотности блока происходило «разбитие» отверстия, что подтверждалось гораздо большим (до двух раз), чем в блоках D500 и D600, расходом клеевого состава.



Рис. 4. Клеевой анкер двухкомпонентный, состав: полиэстер и катализатор

Этим, а также наличием в блоках D400 больших по размеру пор, объясняется более высокая нагрузка, достигнутая на химических анкерах MIT-SP в блоках меньшей плотности. Отверстия в блоках D500 и D600 производились на стационарном станке на отдельных блоках до выкладки их во фрагмент кладки.

Результаты испытаний дюбелей фасадных MBK-STB 10x100 и MBK-STB 10x120

Тип анкера	Марка ячеистого бетона	Предельная нагрузка на вырыв, кН	Марка ячеистого бетона	Предельная нагрузка на вырыв, кН	Марка ячеистого бетона	Предельная нагрузка на вырыв, кН
MBK-STB 10x100	D400	2,1	D500	4,0	D600	6,5
		2,1		3,8		6,0
		2,0		3,8		6,0
		2,0		4,0		6,5
		2,1		3,8		6,5
		2,1		4,0		6,0
		2,1		3,8		6,5
		2,0		3,8		6,5
		2,0		4,0		6,5
		2,1		3,8		6,5
		2,1		4,0		6,5
		2,1		3,8		6,5
		2,0		3,8		6,5
		2,0		4,0		6,5
		2,1		3,8		6,0
	<b>Ср. знач. 2,06±0,05</b>		<b>Ср. знач. 3,88±0,11</b>		<b>Ср. знач. 6,36±0,20</b>	
MBK-STB 10x120	D400	2,3	D500	4,0		6,5
		2,4		4,0		7,0
		2,3		4,0		7,5
		2,2		4,0		6,5
		2,3		4,0		7,0
		2,1		4,3		7,0
		2,3		4,3		7,0
		2,5		4,8		7,5
		2,3		4,4		7,5
		2,3		4,8		7,5
		2,3		4,8		7,0
		2,3		4,0		7,5
		2,2		4,8		7,5
		2,3		4,4		6,5
		2,4		4,3		7,0
	<b>Среднее значение 2,30±0,10</b>		<b>Среднее значение 4,30±0,34</b>		<b>Среднее значение 7,10±0,39</b>	
Характер разрушения:		Вытягивание анкерного крепления из блоков. Разрыв по металлу шурупа – отсутствовал. Разрушение анкерного крепления по материалу блока (конус вырыва) – отсутствовало				

Результаты испытаний химических анкеров MIT-SP со шпилькой M10x140

Марка ячеистого бетона	Тип анкера	Предельная нагрузка на вырыв, кН	Марка ячеистого бетона	Тип анкера	Предельная нагрузка на вырыв, кН	Марка ячеистого бетона	Тип анкера	Предельная нагрузка на вырыв, кН
D400	MIT-SP со шпилькой M10*140 глубина установки 120 мм	7,0*	D500	MIT-SP со шпилькой M10*140 глубина установки 100 мм	3,5	D600	MIT-SP со шпилькой M10*140 глубина установки 100 мм	3,5
		7,0*			3,0			4,0
		6,5*			3,3			3,5
		7,0*			3,5			3,5
		3,8*			3,3			3,5
		6,5*			3,3			3,5
		6,5*			3,5			4,0
		7,0*			3,3			4,0
		7,0*			3,3			3,5
		7,0*			3,3			4,0
		6,5*			3,5			3,5
		6,5*			3,3			3,5
		7,0*			3,3			3,5
		7,0*			3,0			4,0
		4,0*			3,3			4,0
					Среднее значение <b>6,42±1,05</b>			
Характер разрушения:		Разрушение анкерного крепления по материалу блока (конус вырыва). Вытягивание анкерного крепления из блоков – отсутствовало. Разрыв по металлу шпильки – отсутствовал.						

В блоках более низкой плотности происходил вырыв дюбеля из базового материала. В блоках D600 полностью происходил разрыв по материалу дюбеля – отрыв тарельчатого элемента дюбеля от его гильзы. Полученные в процессе испытаний данные по нагрузкам фасадных дюбелей и дюбелей для крепления теплоизоляции подлежат логической интерпретации. Некоторая нелогичность результатов испытаний химических анкеров объясняется значительно большей площадью контакта клеевого состава и базового материала в твинблоках пониженной плотности.

Большие поры в таких блоках, заполняясь клеевым составом, становились дополнительными «якорями», повышающими вырывную нагрузку. То, что ранее такой факт не был выявлен при проведении испытаний, объясняется тем, что полученный результат для фасадных дюбелей порядка 5-7 кН является вполне достаточным. При достижении таких нагрузок ни разу не возникало мыслей о применении химических анкеров.



Результаты испытаний дюбелей для крепления теплоизоляции TD10MT-140

Тип анкера	Марка ячеистого бетона	Предельная нагрузка на вырыв, кN	Марка ячеистого бетона	Предельная нагрузка на вырыв, кN	Марка ячеистого бетона	Предельная нагрузка на вырыв, кN
TD10MT -140	D400	0,8	D500	1,3	D600	1,4
		1,0		1,3		1,4
		0,8		1,3		1,4
		0,8		1,3		1,4
		1,0		1,3		1,4
		1,0		1,3		1,4
		1,0		1,3		1,4
		0,8		1,3		1,4
		0,8		1,3		1,4
		1,0		1,3		1,4
		1,0		1,3		1,4
		1,0		1,3		1,4
		0,8		1,3		1,4
		1,0		1,3		1,4
		1,0		1,3		1,4
				Среднее значение <b>0,92±0,10</b>		
Характер разрушения:		Вытягивание анкерного крепления из блоков D400 и D500. Разрыв по материалу дюбеля - отрыв пластиковой «шляпки» дюбеля в блоках D600. Разрушение анкерного крепления по материалу блока (конус вырыва) – отсутствовало.				

Таким образом, при монтаже навесных конструкций на твинблоках марок D500 и D600 могут быть рекомендованы к применению дюбеля фасадные MBK-STB 10x100 или MBK-STB 10x120. На твинблоках марки D400 наиболее оптимально применение химических анкеров.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Каталог продукции фирмы Mungo Befestigungstechnik AG RU-11. Руководство по анкерному креплению «Mungo», 2009.
- 2 Каталог продукции фирмы. Крепление системы утепления. Всевожск: ООО «БАУ-ФИКС», 2010.

*Научное издание*

**ПРИМЕНЕНИЕ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ЯЧЕИСТОГО БЕТОНА  
АВТОКЛАВНОГО ТВЕРДЕНИЯ**

*Сборник докладов*

*IV научно-практического семинара*

*Екатеринбург, 5 декабря 2012 г.*

Редактор *Н. П. Кубыщенко*

Компьютерная верстка *М. Ю. Захватошиной*

Подписано в печать 16.11.2012. Формат 60×84 1/8.

Бумага типографская. Плоская печать. Усл. печ. л. 6,22.

Уч.-изд. л. 6,8. Тираж 250 экз. Заказ 3606.

Редакционно-издательский отдел УрФУ

620002, Екатеринбург, ул. Мира, 19

ГУП СО «Монетный щебеночный завод»

СП «Березовская типография»

623700, Свердловская обл., г. Березовский, ул. Красных героев, 10