

Наружные стены зданий с применением эффективных мелкоштучных стеновых материалов отечественного производства

Рыхленок Ю.А., зав. научно-исследовательской лабораторией ограждающих конструкций, РУП "Институт БелНИИС"

Крутилин А.Б., зав. сектором теплотехнических исследований и испытаний НИЛ ограждающих конструкций, РУП "Институт БелНИИС"

Мелкоштучные стеновые материалы традиционно используют для возведения несущих и самонесущих стен и перегородок малоэтажных зданий и зданий средней этажности. В последнее десятилетие в отечественной практике строительства все более широкое распространение находят каркасные системы многоэтажных жилых домов, при строительстве которых наружные стены и внутренние перегородки возводят ненесущими, опертыми на перекрытия в пределах каждого этажа, и сооружаемые из кладочных материалов. Преимущества стен, выполняемых кладкой из мелкоштучных изделий, очевидны:

- возможность выполнения конструкций с практически произвольной геометрией, в том числе сеткой проемов по фасадам;
- разнообразие вариантов отделки (штукатурка, лицевой кирпич, естественный или искусственный камень с колотой или равной фактурой и др.);

- вариабельность теплотехнических характеристик;
- возможность устройства однослойных стен;
- снижение нагрузки на каркас, фундаменты и основания здания.

За последние годы путем переоснащения и модернизации отечественные предприятия промышленности строительных материалов перешли к выпуску современных эффективных стеновых материалов: ячеистобетонных блоков с повышенной геометрической точностью (I – II категории), щелевых вибропрессованных камней из крупнопористого керамзитобетона, крупноформатных высокопустотных блоков из поризованной керамики. Вышеуказанные материалы производятся на высокотехнологичном оборудовании, имеют точные геометрические размеры и высокие физико-технические показатели. Сравнительные характеристики этих стеновых материалов приведены в таблице 1.



Рисунок 1. Испытания кладки из поризованных керамических блоков на осевое сжатие

Таблица 1 – Физико-технические характеристики современных эффективных кладочных материалов

Материал	Блоки из ячеистого бетона по СТБ 1117	Камни щелевые из крупнопористого керамзитобетона по СТБ 1008	Блоки пустотные из поризованной керамики по СТБ 1719
Плотность, кг/м ³	400...700	550...700	750...1000
Класс бетона (марка изделия) по прочности на сжатие	B1; B1,5; B2,5	M25; M35	M35; M50, M75, M100, M125, M150
Коэффициент теплопроводности λ , (Вт/м ⁰ С)	0,10...0,24	0,14...0,24	0,14...0,26
Морозостойкость	F15, F25, F35, F50, F75	F15, F25, F35, F50, F75	F15, F25, F35, F50, F75

Как и любая другая, конструкция стен, выполненных кладкой из мелкоштучных материалов, должна удовлетворять условиям прочности, деформативности и трещиностойкости, а также нормативному уровню теплозащиты.

Многочисленные экспериментально-теоретические исследования физико-технических характеристик изделий из мелкоштучных стеновых материалов и конструкций на их основе, проведенные в РУП "Институт БелНИИС" в период с конца 1990-х гг. до настоящего времени (рис.1, 2), позволили определить их основные деформационно-прочностные параметры (см. таблицу 2) и установить основные области их применения в жилищном и гражданском строительстве.

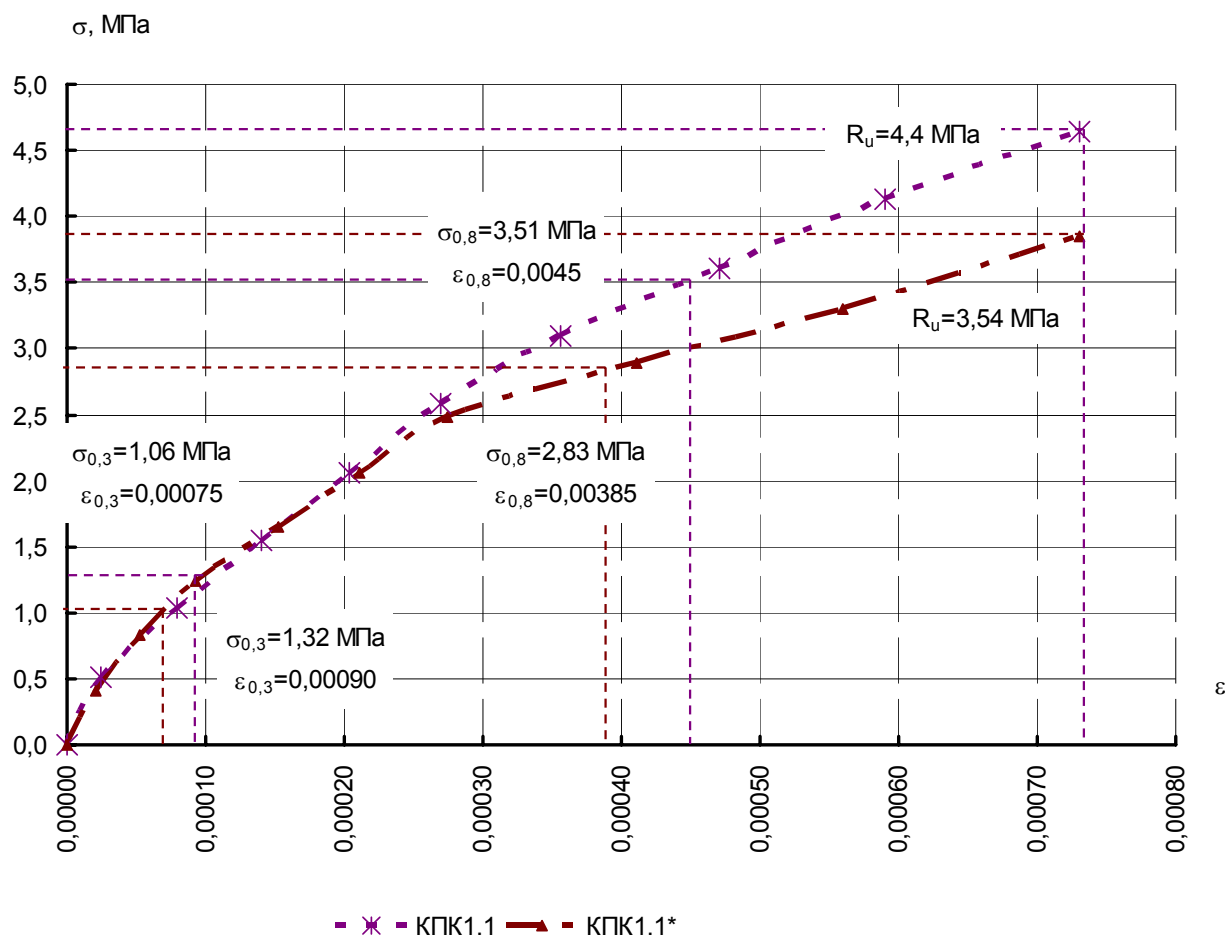
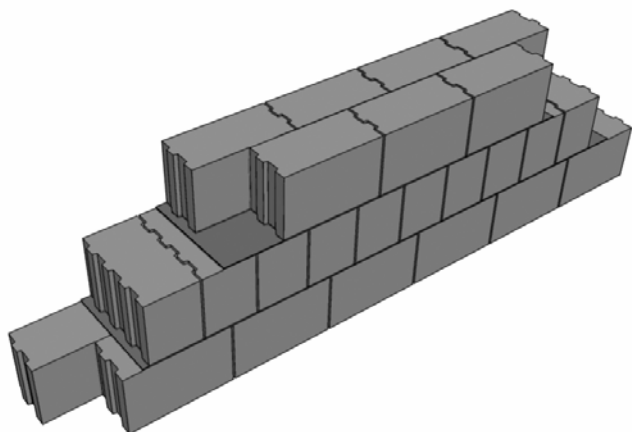


Рисунок 2 - Аппроксимация опытных данных, полученных при испытаниях на центральное сжатие образцов кладки из крупноформатных блоков из поризованной керамики серий КПК1.1 и КПК1.1* аналитическими зависимостями σ - ε

а)



б)

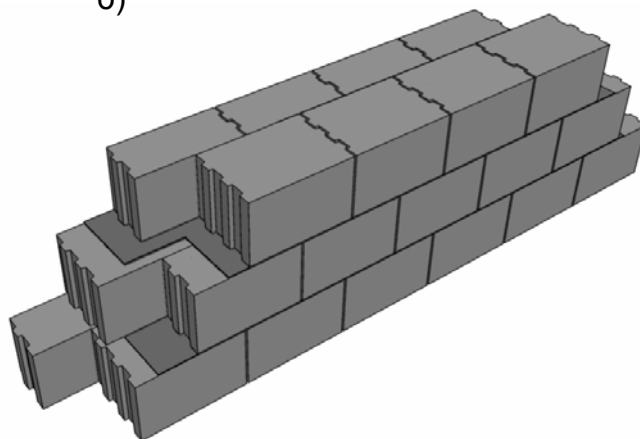


Рисунок 2. Раскладка блоков в однослойной стене толщиной в два блока:
 а – при перевязке вертикальных швов тычковыми рядами;
 б - при перевязке вертикальных швов плашковыми рядами

Здания с несущими стенами из ячеистобетонных блоков, керамзитобетонных камней и блоков из поризованной керамики, как показали проведенные нами исследования, целесообразно возводить высотой до пяти этажей, при большей этажности – выполнять с поэтажно опертыми стенами в каркасной системе либо с поперечными несущими стенами из монолитного или сборного железобетона. Учет особенностей наружных стен из современных мелкоштучных материалов и их правильное проектирование являются основой создания долговечных и надежных ограждающих конструкций на основе эффективных строительных материалов.

Таблица 2 – Прочностные характеристики кладок на растворе с пределом прочности на сжатие М100 при высоте ряда кладки до 300 мм

Характеристики материала	Блоки из ячеистого бетона по СТБ 1117	Камни щелевые из крупнопористого керамзитобетона по СТБ 1008	Блоки пустотные из поризованной керамики по СТБ 1719
Класс бетона (марка изделия) по прочности на сжатие	В2,5	М25	М75
Расчетные сопротивления сжатию R , МПа, кладок	1,1	0,6	1,1
Растяжение при изгибе по перевязанному сечению R_{tb}	0,10	0,20	0,14
Срез по перевязанному сечению, R_{sq}	0,24	0,18	0,12

При проектировании наружных стен жилых и общественных зданий крайне важно предусмотреть оптимальный температурный режим ограждающих конструкций. Теплозащитные характеристики наружных ограждающих конструкций должны обеспечивать комфортные условия для людей, находящихся в здании, быть экономически оправданы, обеспечивать долговечность, а также приниматься с учетом способа теплоснабжения здания.

С введением с 1 июля текущего года более жестких требований по тепловой защите наружных ограждений расчет и тщательный анализ теплофизических характеристик наружных стен должен стать неотъемлемой составляющей процесса проектирования. В то же время, переход на уровень сопротивлений теплопередаче основных ограждающих конструкций, предлагаемый в Изменении №2 ТКП 45-2.04-43, влечет за собой ряд проблем, которые необходимо учесть и решить на стадии проектирования здания.

Основная масса жилых и общественных зданий в нашей стране традиционно возводится с использованием мелкоштучных кладочных стеновых материалов. Однослойные конструкции наружных стен из этих материалов (рис. 3, 4) могут обеспечить требования ТКП 45-2.04-43 по теплозащите зданий, имеют наилучший температурно-влажностный режим по сравнению с любыми многослойными конструкциями и наиболее экономически оправданы.

РУП "Институт БелНИИС" совместно с УП "НИИСМ", исследовательской лабораторией БНТУ проведены испытания современных эффективных стеновых материалов и получены их расчетные теплофизические характеристики, подготовлены соответствующие Изменения ТКП 45-2.04-43 и ТКП 45-5.02-79.

Полученные теплофизические характеристики отдельных видов кладок из новых стеновых материалов приведены в таблице 3.

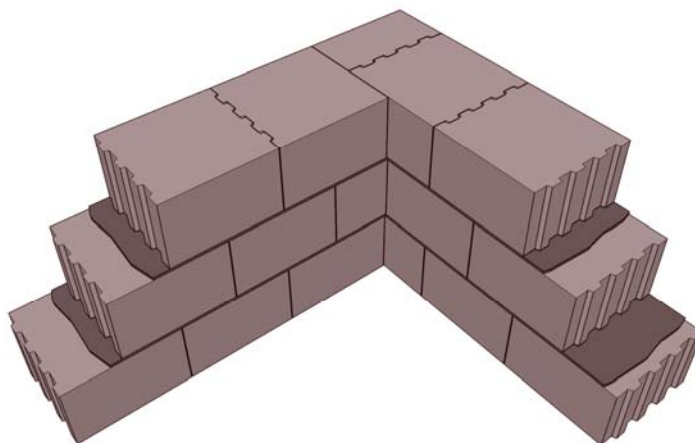


Рисунок 3. Раскладка блоков в однослойной стене толщиной в один блок

Следует отметить, что приведенные в таблице теплофизические характеристики кладок позволяют рассчитать сопротивление теплопередаче конструкции стены по "глади", однако в общем случае при проектировании наружных стен необходимо знать приведенное сопротивление теплопередаче, относящееся к конкретному фрагменту стены. При этом следует учитывать влияние сопряжений наружных стен с перекрытиями, оконными блоками, перемычками над проемами и т.п. Узлы сопряжений наружных стен должны проектироваться с обеспечением их удовлетворительного теплового режима (рис. 5, 6). Определение температурного поля, как правило, выполняется для двумерной области расчетного участка конструкций решением дифференциального уравнения теплопроводности:

$$c \cdot \rho \frac{\partial t}{\partial \tau} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda(x) \frac{\partial t}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\lambda(y) \frac{\partial t}{\partial y} \right) + q_{\text{вн}},$$

где c — теплоемкость единицы массы материала, Дж/(кг·°С);

ρ — плотность материала, кг/м³;

λ — коэффициент теплопроводности материала, Вт/(м·°С);

$q_{\text{вн}}$ — плотность тепловых источников, Вт/м³.

Таблица 3 - Расчетные теплотехнические характеристики отдельных видов кладок из современных эффективных стеновых материалов

Материал	Характеристики материала в сухом состоянии			Расчетное массовое отношение влаги в материале (при условиях эксплуатации по таблице 4.2) W, %		Расчетные коэффициенты (при условиях эксплуатации по таблице 4.2)		
	плотность ρ , кг/м ³	удельная теплоемкость c , кДж/(кг·°C)	коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м·°C)			теплопроводность μ , Вт/(м·°C)		паропроницаемость μ , мг/(м·ч·Па)
				А	Б	А	Б	
Кладка из блоков из ячеистого бетона автоклавного твердения плотностью $\rho=400$ кг/м ³ при толщине растворных швов 2 ± 1 мм	415	0,84	0,12	4	5	0,13	0,14	0,21
Кладка из керамзитобетонных щелевых камней с пустотностью $P=11...12\%$ при толщине клеевых растворных швов 3 ± 1 мм	600	0,84	0,14	2	6	0,16	0,20	0,134
Кладка из блоков из поризованной керамики размером $510\times 250\times 219$ пустотностью 47% тычковыми рядами на цементно-перлитовом растворе плотностью $\rho=1000$ кг/м ³	870	0,88	0,131	0,26	0,3	0,15	0,16	0,146

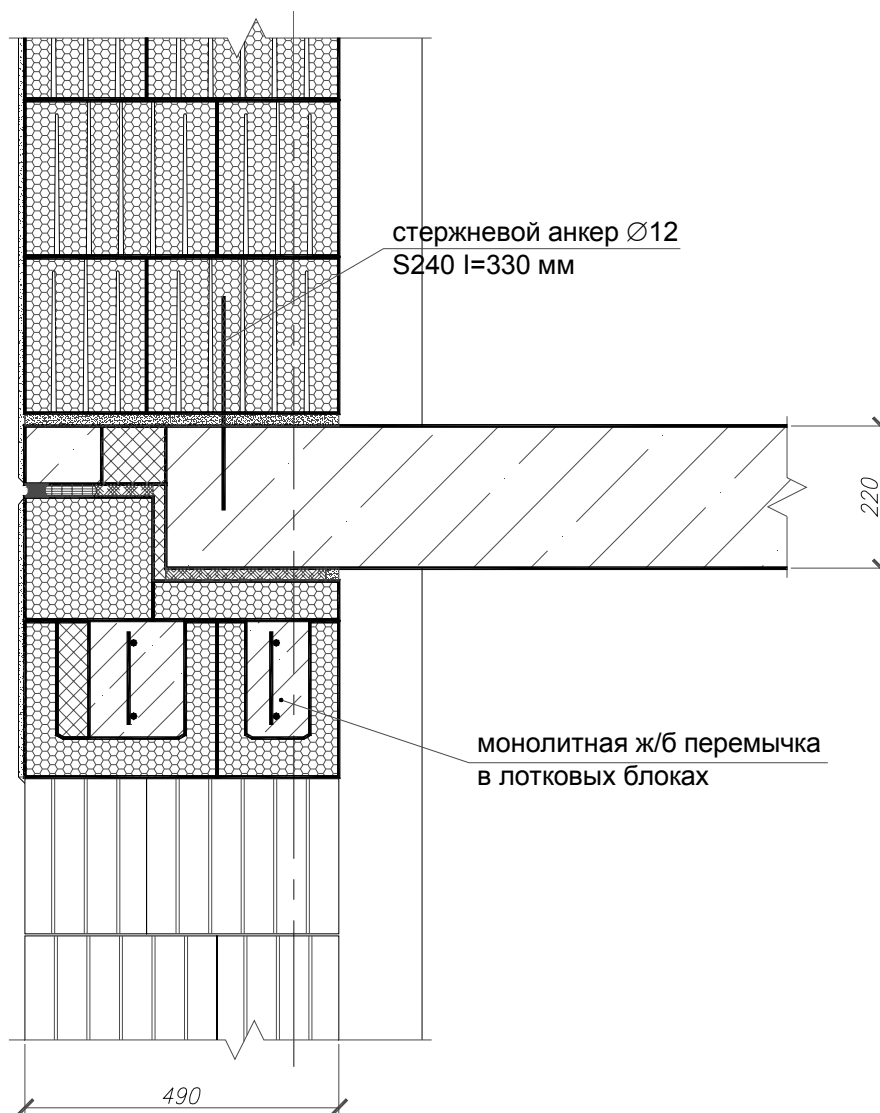


Рисунок 5. Узел примыкание стены из керамзитобетонных камней к перекрытию на участке с проемом

В помощь проектировщикам, разрабатывающим документацию на строительство зданий с использованием ячеистобетонных изделий, камней из крупнопористого керамзитобетона и блоков из поризованной керамики, нами разработаны альбомы рабочих чертежей и рекомендации по проектированию как малоэтажных зданий с несущими и самонесущими стенами из этих материалов, так и поэтажно опертых стен многоэтажных зданий каркасной конструкции:

- **Серия Б2.000-3.07** Узлы и детали сопряжений конструктивных элементов зданий с комплексным применением ячеистого бетона". Выпуск 0. Материалы для проектирования.
- **Шифр 28/3.1п-07** «Узлы и детали поэтажно опертых стен из газосиликатных блоков для жилых зданий стеновой конструктивной системы с поперечными стенами и общественных зданий каркасной системы»
- **Шифр 208/1п-09** «Узлы и детали стен жилых и общественных зданий из ячеистобетонных блоков, производимых ОАО "Красносельскстройматериалы", с теплотехническими характеристиками»
- **Серия Б2.030-1.07** «Звукоизоляция перегородок из блоков из ячеистого бетона, узлы и детали». Выпуск 0.

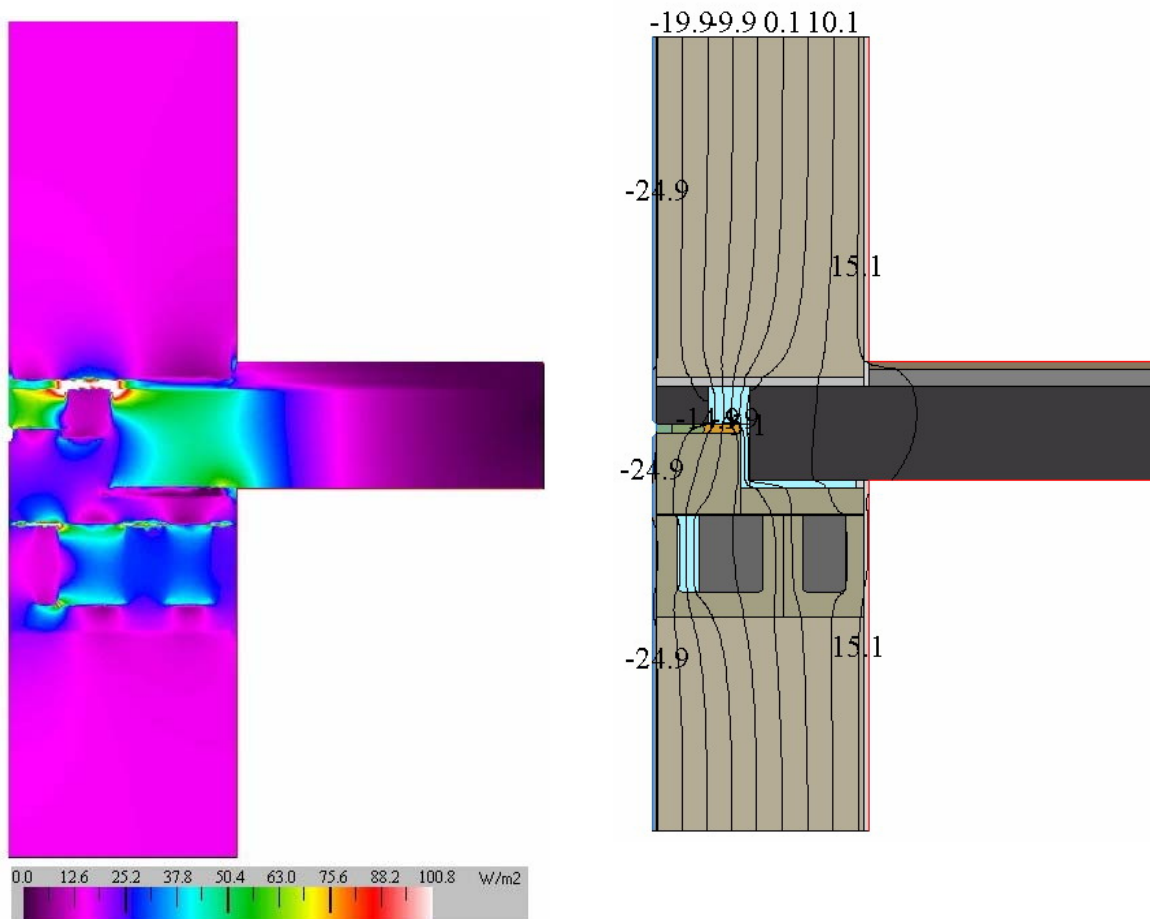


Рисунок 6. Распределение тепловых потоков (слева) и температурные поля (справа) в узле примыкание стены из керамзитобетонных камней к перекрытию на участке с проемом

- **Рекомендации** по проектированию конструкций зданий малой и средней этажности со стенами из поризованных керамических блоков.
- **Рекомендации** по проектированию поэтажно опертых стен из поризованных керамических блоков для каркасных зданий
- **Рекомендации** по проектированию конструкций зданий малой и средней этажности с применением камней из крупнопористого керамзитобетона
- **Серия Б2.000-5.09** "Узлы и детали несущих и ограждающих конструкций зданий и сооружений из вибропрессованных бетонных изделий, выпускаемых ООО «Бессер-Бел»". Выпуск 1.

В настоящее время, одной из основных проблем при проектировании наружных стен здания является обеспечение требуемой долговечности наружных стен зданий. Зачастую при разработке конструкций стен это требование не принимается во внимание. Между тем, известны основные критерии "климатической" долговечности:

- количество переходов через 0°C наружного слоя (или слоя, к нему примыкающего) конструкции в осенне-зимний и зимне-весенний периоды года;
- наличие (отсутствие) конденсации водяного пара в конструкции наружных стен, распределение массовой влажности по толще;
- показатели морозостойкости материалов;
- наличие (отсутствие) сквозных проникающих элементов ("мостиков холода") в конструкциях стен.

Так, при анализе конструкций наружных стен становится очевидным, что "однослойные" конструкции в сравнении с многослойными конструкциями с эффективными теплоизоляционными материалами, более долговечны. Несмотря на это, зачастую наружные стены возводятся с легкими штукатурными системами утепления. При этом уже в первые годы эксплуатации возникают трещины в наружном тонкослойном штукатурном слое разного характера вследствие:

- неравномерных осадочных деформаций частей зданий (напряжённое состояние в углах оконных и др. проёмов характеризуется высокой концентрацией растягивающих напряжений, обуславливающих растрескивание штукатурного слоя);
- прямого длительного контакта с водой (снегом) выступающих деталей фасадов и связанного с этим замораживания и размораживания в холодный период года;
- случайных механических воздействий на стены цокольного и первого этажа зданий.

Кроме вышеперечисленных причин эксплуатация легких штукатурных систем утепления происходит с многочисленными переходами через 0°C наружного штукатурного слоя; плоскость возможной конденсации расположена на границе утеплителя и наружного штукатурного слоя; сквозные металлические элементы крепления формируют неоднородный "тепловой" режим наружного штукатурного слоя.

С развитием каркасного метода строительства гражданских, и в первую очередь жилых зданий, современные мелкоштучные материалы в конструкциях наружных стен являются тем материалом, который позволяет обеспечивать их архитектурную выразительность, высокие потребительские качества помещений и конкурентоспособность домов по сравнению с традиционными решениями. Применение эффективных мелкоштучных изделий при строительстве таких зданий позволяет успешно решать проблему сокращения энергопотребления на отопление, снижает нагрузки на фундаменты и основания и тем самым способствует сокращению стоимости строительства. Вышеуказанные обстоятельства способствует всё более широкому применению современных мелкоштучных стеновых материалов при строительстве как жилых зданий и объектов гражданского назначения. Однако, как и при применении других материалов, для обеспечения высоких потребительских качеств и надежности строительной продукции с использованием мелкоштучных стеновых материалов, необходимо тщательное соблюдение требований нормативных документов и профессиональный подход.



21-этажный жилой дом с несущим каркасом из монолитного железобетона и поэтажно опертыми наружными стенами из поризованных керамических блоков (ул.Шафарнянская, г.Минск)



Многоэтажное общественное здание с несущим каркасом из монолитного железобетона и поэтажно опертыми наружными стенами из керамзитобетонных щелевых блоков



Выполнение криволинейных участков стен здания из крупноформатных блоков из поризованной керамики