

УДК 666.815

## Дом можно построить в два раза быстрее

А. В. Ферронская, В. Ф. Коровяков

*АННА ВИКТОРОВНА ФЕРРОНСКАЯ — доктор технических наук, профессор Московского государственного строительного университета (МГСУ). Область научных интересов: вяжущие вещества, бетоны, долговечность и экологическая безопасность строительных материалов, промышленная экология.*

129337 Москва, Ярославское шоссе, д. 26а, МГСУ

Ускорение строительно-монтажных работ при возведении зданий и сооружений является актуальнейшей задачей современного строительства. Это связано как с большим дефицитом жилья, так и со строительством новых более комфортабельных квартир по более высокой стоимости. Основные вклады в стоимость жилья вносят строительные материалы и конструкции и высокие трудозатраты обычно из-за большой длительности строительства.

В настоящее время доля малоэтажного строительства в общем объеме жилищного строительства составляет 40%. Причем преобладающее место занимает индивидуальное строительство жилых домов усадебного типа и коттеджей.

Для их строительства применяют самые различные строительные материалы: дерево, штучные стеновые материалы (кирпич, блоки из ячеистого бетона, сте-

новые бетонные камни и др.), реже — индустриальные изделия (панели, крупные блоки) и монолитный бетон.

Материалы для жилищного строительства должны обладать требуемыми конструктивными и эксплуатационными характеристиками. Большое значение имеют и теплофизические свойства (теплопроводность, паропроницаемость и др.). В связи с введением второго этапа повышения уровня теплозащиты зданий (изменение 3 в СНиП II-3-79\*) резко увеличилась величина требуемого термодинамического сопротивления ограждающей конструкции. Поэтому стены толщиной 40—70 см из широко применяемых раньше стеновых материалов не соответствуют требованиям СНиП по этому показателю. При строительстве новых зданий требуется увеличение толщины стен до значений, указанных в табл. 1.

Таблица 1

Сравнительная характеристика стен из различных штучных материалов и требуемая толщина стены для обеспечения термического сопротивления, равного  $3,15 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$

Материал кладки стен	Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	Морозостойкость, циклы	Прочность при сжатии, МПа	Эксплуатационная влажность материала в стенах, %	Расчетная теплопроводность кладки, Вт/м · °С	Требуемая толщина однослойной стены, м
Керамический кирпич	1800	25	12,5	2	0,81	2,55
Силикатный кирпич	1800	25	15,0	4	0,87	2,74
Пустотелый керамический кирпич	1000	25	10,0	2	0,52	1,64
Силикатный пустотелый кирпич	1500	25	10,0	4	0,76	2,4
Керамзитобетонные стеновые камни	1000	25	5,0	10	0,42	1,3
Блоки из неавтоклавного пенобетона на растворе	500	25	2,0	12	0,2	0,63
Блоки из автоклавного ячеистого бетона	400	25	2,0	5	0,13	0,4
	500	25	2,5	5	0,16	0,5

Таблица 2

**Расход топливно-энергетических ресурсов на производство основных видов стеновых материалов  
(на эквивалент 1000 шт. усл. кирпича)**

Вид стенового материала	Условное топливо, кг	Тепловая энергия, Гкал	Электроэнергия, кВт · ч	Эквивалентные энергозатраты	
				кВт · ч	%
Керамический кирпич	265	0,19	126	2504	100,0
Силикатный кирпич	557	0,39	45	495	19,8
Вибропрессованные бетонные стеновые камни	47	0,06	33	105	4,2
Стеновые блоки из ячеистого бетона	385	0,27	63	381	15,2

Ясно, что увеличение толщины стен из обычного кирпича до требуемой толщины (более 2 м) не рационально и дорого. Более эффективными для возведения малоэтажных зданий являются мелкие стеновые блоки из ячеистого бетона, соответствующие ГОСТ 21520. Однако объемы производства блоков из автоклавного ячеистого бетона в стране далеки от потребностей. Кроме того, эти блоки сравнительно дороги. Чтобы наладить производство этих изделий, потребуются годы и значительные инвестиции. Блоки из неавтоклавного ячеистого бетона пока не соответствуют современным требованиям по показателям качества и значительно уступают блокам из автоклавного ячеистого бетона. Производство их освоено лишь на предприятиях малой мощности (5–15 тыс. куб. м в год), что не решает проблему дефицита эффективных стеновых материалов.

Все перечисленные материалы характеризуются высокими топливно-энергетическими затратами на их производство, что видно из данных табл. 2.

В то же время имеются эффективные строительные материалы, позволяющие не только способствовать удовлетворению потребностей в стеновых материалах, но и значительно (не менее, чем в 2 раза) сократить сроки строительства. К этим материалам относятся гипсовые вяжущие и изделия на их основе.

Эффективность их объясняется прежде всего простотой и экономичностью производства гипсовых вяжущих. К примеру, на производство 1 т гипсового вяжущего требуется соответственно в 4,5 и 4,9 раза меньше топлива и электроэнергии, чем на производство портландцемента. Сырье для производства гипсовых вяжущих достаточно широко распространено. Это природный гипсовый камень и сульфатсодержащие отходы (фосфогипс, борогипс, цитрогипс и др.).

Изделия из гипсовых вяжущих характеризуются легкостью, достаточной прочностью, относительно низкими тепло- и звукопроводностью. Они легко формируются и приобретают любую архитектурную форму. Кроме того, гипсовые материалы огнестойки, способствуют поддержанию комфортного микроклимата в помещениях, благодаря хорошим показателям по паро- и воздухопроницаемости, способности поглощать лишнюю влагу из воздуха и отдавать ее при снижении влажности.

Возможные области применения в строительстве гипсовых вяжущих и изделий на их основе обширны. Фактическое же использование далеко от их потенциальных возможностей (Ферронская А.В. Перспективы производства и применения гипсовых материалов в XXI веке. В сб. Повышение эффективности производства и применения гипсовых материалов и изделий. Мат. семинара. М., ГАСНТИ, с. 10–12, 2002).

Традиционные гипсовые материалы и изделия — это гипсокартонные и гипсоволокнистые листы (ГВА) и плиты (ГВП), перегородочные плиты и панели (ГПП), шпаклевки, штукатурные составы. Они достаточно широко применяются за рубежом и гораздо меньше в отечественном строительстве, и в основном внутри помещений с относительной влажностью воздуха не более 60%.

Недостаточное использование гипсовых вяжущих обусловлено рядом отрицательных свойств этих материалов. Так, вяжущие на основе полугидрата сульфата кальция (строительный гипс) обладают высокой водопотребностью (50–70%), низкой водостойкостью, а изделия из него характеризуются значительной ползучестью при увлажнении, малой морозостойкостью, что не позволяет применять их в наружных и несущих конструкциях. Кроме того, при их производстве необходима длительная сушка изделий для достижения отпускной влажности.

Наиболее эффективным способом повышения водостойкости гипсовых вяжущих является введение в него веществ, вступающих с ним в химическое взаимодействие с образованием водостойких и твердеющих в воде продуктов, как в результате химической реакции с гипсовым вяжущим, так и вследствие собственной гидратации.

Это, в частности, *гипсоцементно-пуццолановые вяжущие (ГЦПВ)* по ТУ 21-31-62-89. Длительные и всесторонние исследования в МИСИ им. В.В. Куйбышева (теперь МГСУ), а также накопленный опыт применения изделий на основе этих вяжущих подтвердили их высокую эффективность. Изделия на основе ГЦПВ используются в наружных ограждающих конструкциях и в помещениях с повышенной относительной влажностью воздуха.

Последние исследования позволили получить водостойкие гипсовые вяжущие нового поколения —

гидравлические композиционные гипсовые вяжущие низкой водопотребности (КГВ). Технология их производства основана на достижениях в области механохимической активации материалов с учетом особенностей твердения гипсоцементнокремнеземистых композиций, позволяющих получать качественно новый уровень свойств материалов, ранее не достигаемый.

Композиционные гипсовые вяжущие и бетоны на их основе характеризуются новым уровнем технологических и технических свойств и отличаются улучшенными эксплуатационными свойствами.

КГВ на основе строительного гипса имеют прочность при сжатии после 28 сут. твердения во влажных условиях от 15 до 35 МПа, коэффициент размягчения от 0,74 до 0,87 при водопотребности вяжущего 0,33—0,38 в зависимости от вида компонентов и состава вяжущего; КГВ на основе высокопрочного гипсового вяжущего имеет водопотребность от 0,22 до 0,32, прочность от 35 до 50 МПа, коэффициент размягчения от 0,77 до 0,88. Их этих вяжущих можно получать любые бетоны и растворы, области применения которых в гражданском и промышленном строительстве достаточно широки (см. статью В. Ф. Коровякова «Гипсовые вяжущие и их применение в строительстве» в этом номере).

Производство и применение изделий из бетонов на основе КГВ характеризуются рядом преимуществ перед изделиями из бетонов на других вяжущих, в том числе и на портландцементе, а именно:

— малый расход условного топлива и энергии за счет изготовления изделий без тепловой обработки;

— увеличение оборачиваемости формовочного оборудования (бортонастки, опалубки, форм) в несколько раз, так как уже через 15—20 мин можно производить опалубку;

— не требуется искусственная сушка изделий;

— снижается себестоимость за счет использования местного сырья и техногенных отходов с одновременным решением экологических проблем.

В настоящее время производство КГВ различных марок организовано на заводе ООО «Стройэволюция». Там же предусмотрено приготовление органоминерального модификатора, с использованием которого можно получать КГВ на любом предприятии или стройке, обеспечив гомогенное смешивание.

На основе КГВ изготавливаются различные сухие строительные смеси: штукатурные, в том числе декоративные и теплоизоляционные, кладочные, облицовочные, для устройства самовыравнивающихся стяжек полов и др.

Большой интерес представляют бетонные и растворные смеси на основе КГВ, содержащие пористый или плотный наполнитель и добавки, регулирующие некоторые свойства смеси и бетона. Эти смеси предназначены для изготовления строительных изделий (камни, блоки, кирпич, пазогребневые плиты), различных архитектурных деталей, а также для монолитного возведения малоэтажных зданий (стены, перегородки, перемычки, перекрытия, включая сборно-монолитные), в том числе и при отрицательной температуре. При наличии качественной опалубки и смесителя возведение двухэтажного жилого дома на одну семью возможно всего за 3—5 дней, после чего начинается внутренняя и наружная отделка смесями на основе быстротвердеющего КГВ. Поверхности конструкций, предназначенные под окраску, как правило, не требуют шпатлевки и готовы к принятию краски на 3—4 день после окончания формирования. Применение цветных формовочных смесей позволяет значительно разнообразить цветовую гамму фасадов и упростить отделочные работы. Очень эффективно применение цветных отделочных (фактурных) растворных смесей.

Применение КГВ позволяет изготавливать стеновые изделия литьевым способом непосредственно на стройплощадке и выполнять из них кладку стен уже через 20—30 мин. после формирования.

Для повышения тепло- и звукоизоляции ограждающих конструкций можно применять изделия из ячеистого бетона на основе КГВ с плотностью 400—900 кг/м<sup>3</sup>. Использование оригинальной технологии позволяет получать ячеистый бетон плотностью 200—300 кг/м<sup>3</sup>.

Изделия и смеси на основе КГВ можно использовать и в сочетании с традиционными (цементными) материалами.

Таким образом, применение быстротвердеющих водостойких гипсовых вяжущих позволяет значительно ускорить возведение малоэтажных зданий, а при заводском производстве изделий повысить производительность оборудования, выработку на 1-го рабочего, а также снизить расход топливно-энергетических ресурсов (табл. 3). Отметим также, что для обеспечения

Таблица 3

Расход топливно-энергетических ресурсов на производство некоторых гипсовых стеновых материалов (на эквивалент 1000 шт. усл. кирпича)

Вид стенового материала	Условное топливо, кг	Тепловая энергия, Гкал	Электроэнергия, кВт · ч	Эквивалентные энергозатраты	
				кВт · ч	%
Стеновые блоки из ячеистого бетона	385	0,27	63	381	15,2
Гипсобетонные стеновые камни	5,8	—	11,4	17,5	0,69
Стеновые камни из бетона на КГВ	—	—	11,3	11,3	0,45

Таблица 4

Характеристика стен из штучных материалов на основе гипсовых вяжущих и требуемая толщина стены для обеспечения термического сопротивления, равного  $3,15 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$

Материал кладки стен	Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	Морозостойкость, циклы	Прочность при сжатии, не менее, МПа	Эксплуатационная влажность материала в стенах, %	Расчетная теплопроводность кладки, Вт/м °С	Требуемая толщина однослойной стены, м
Камни из гипсобетона полнотелые	1200	менее 10	5,0	5	0,47	1,48
	1000		3,5	5	0,35	1,10
Камни из гипсобетона пустотелые	900	менее 10	3,5	5	0,28	0,88
	800		3,0	5	0,25	0,78
Камни из опилкобетона на основе КГВ	900	35	5,0	5	0,25	0,78
	700	35	3,5	5	0,22	0,7
	500	35	2,0	6	0,14	0,44
Камни полнотелые из мелкозернистого бетона на основе КГВ	1700	75	10,0	4	0,7	2,2
	1400	50	7,5	5	0,52	1,64
Камни из мелкозернистого бетона на КГВ пустотелые	1000	50	7,5	4	0,35	1,1
	900	50	5,0	5	0,33	1,0
Блоки из ячеистого бетона на КГВ	700	25,0	3,5	5	0,21	0,66
	600	25,0	2,0	5	0,18	0,57
	500	25,0	1,5	5	0,15	0,47

необходимого термического сопротивления требуется значительно меньшая толщина стен (табл. 4) по сравнению с традиционными стеновыми материалами.

Как показала практика, КГВ и ГЦПВ подтвердили свою эффективность и в другой технологии монолитного бетонирования — в конструктивно-технологической системе «ГИТОР» монолитного возведения жилых и общественных зданий методом торкретирования (нанесением защитного растворного слоя под давлением) с использованием внутренней оставляемой опалубки в виде «термоармопакетов» с эффективным утеплителем. Эта система разработана Государственным университетом землеустройства совместно с ЗАО «Златоустметаллургстрой» при участии МГСУ, ЦНИИОМТП и ряда других научных и проектных организаций и внедрена в г. Златоусте и других городах России и СНГ.

Система «ГИТОР» предусматривает использование в качестве утеплителя пенополистирольных плит, которые закрепляются в объемном арматурном каркасе, образуя термопакеты, формирующие геометрические объемные контуры будущего здания. Сборка конструкции производится на стройплощадке, после чего

на внутреннюю и наружную поверхности методом торкретирования наносят специальные модифицированные гипсовые смеси. Причем на внутреннюю поверхность в основном наносят смесь на основе не водостойкого гипсового вяжущего, а на наружную — на основе КГВ или модифицированного ГЦПВ.

Эта же система очень эффективна при устройстве дополнительной теплоизоляции наружных стен эксплуатируемых и реконструируемых зданий, а также при возведении мансардных этажей. В этих случаях плитный утеплитель закрепляют на поверхности стены, а затем также методом торкретирования наносят специальный раствор на основе КГВ (или ГЦПВ).

Система «ГИТОР» способствует повышению тепловой инерции ограждений, снижает воздухопроницаемость, повышает термическое сопротивление стены, улучшает микроклимат помещений, снижает расход топливно-энергетических ресурсов на отопление зданий.

Благодаря более низкой стоимости сырьевых материалов и меньших расходов на производство изделий из водостойких гипсовых вяжущих дешевле аналогичных материалов и изделий на портландцементе.