

**Урецкая Е.А.**, канд. хим. наук, доцент, заведующая отделом, РУП «Институт БелНИИС», г. Минск

**Плотникова Е.М.**, ведущий инженер, РУП «Институт БелНИИС», г. Минск

## **ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ЛЕГКИХ ШТУКАТУРНЫХ РАСТВОРОВ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ ОТДЕЛКИ ПОРИЗОВАННЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ БЛОКОВ И ЛЕГКИХ БЕТОНОВ**

### **MANUFACTURING FEATURES OF LIGHT PLASTER MIXES ASSIGNED FOR FINISHING PORED CLAY BRICKS AND LIGHT CONCRETE**

#### **Аннотация**

*Изложены вопросы создания материалов европейского качества: штукатурных составов для внутренних и наружных работ с теплоизолирующими свойствами с использованием портландцемента песчанистого, легких заполнителей, тонкодисперсных наполнителей и специальных химических добавок.*

#### **Abstract**

*The European-quality materials production issues are developed in the article. The materials considered are plaster mixes with heat insulation properties which contain sand Portland cement, light and fine-dispersed fillings, special chemical admixtures and are used for interior and out-of-door works.*

#### **ВВЕДЕНИЕ**

В строительной отрасли Республики Беларусь при возведении наружных и внутренних стен все более широкое применение находят поризованные керамические блоки и блоки из легких бетонов.

Поризованные керамические блоки обладают уникальными физическими характеристиками и сочетают следующие качества: экономичность и высокая технологичность, универсальное применение для строительства наружных стен и возведения межкомнатных перегородок, совместимость с различными видами отделочных материалов. При использовании поризованных керамических блоков значительно сокращается количество «мостиков холода», что дает значительный энергосберегающий эффект.

Конструкции из легких бетонов позволяют улучшить теплотехнические и акустические свойства зданий, значительно снизить их массу и успешно решить проблему объемного и многоэтажного строительства. Применение легких бетонов позволяет уменьшить стоимость строительства на 10...20%, снизить трудовые затраты на стройках до 50%, увеличить производительность труда на 20%.

Благодаря своей пористой структуре и экологической чистоте вышеуказанные материалы поддерживают здоровый микроклимат в помещении.

Современные отделочные строительные материалы — это, в первую очередь, многокомпонентный композиционный материал, состав которого, в отличие от традиционного раствора, представлен не только цементом, песком, наполнителем и водой, но также химическими модификаторами полифункционального назначения, заполнителями и микронаполнителями различного минерального состава и дисперсности.

Наиболее целесообразно для отделки поризованных керамических блоков и легких бетонов использовать специальные «теплые» растворы, в состав которых входят такие легкие заполнители, как вспученный перлит, вспученный вермикулит, керамзитовый песок. Теплопроводность таких растворов, как правило, соответствует теплопроводности поризованных блоков и легких бетонов. Стена становится термически однородной, что делает ее более долговечной.

Применение легких штукатурных смесей позволит повысить производительность труда, снизить материалоемкость, значительно повысить качество отделочных работ.

## **КОМПОНЕНТЫ ЛЕГКОГО ШТУКАТУРНОГО РАСТВОРА И ИХ СВОЙСТВА**

Для изготовления легких штукатурных составов, рассматриваемых в настоящей работе, применялся портландцемент песчанистый ПЦП М500 с насыпной плотностью 1300 кг/м<sup>3</sup>, нормальной густотой — 28%, начало схватывания — 185 мин., конец схватывания — 315 мин. Содержание песка в составе цемента зависит от клинкера конкретного завода производителя и тонкости помола цемента. Для цемента ПЦП М500 производства ОАО «Красносельскстройматериалы» содержание песка составляет в среднем 15%.

Весьма актуальной является проблема сокращения расхода цемента путем введения минеральных тонкодисперсных наполнителей.

Введение в цементные системы тонкодисперсных минеральных наполнителей позволяет обеспечить необходимые условия для полу-

чения высокотехнологичных и удобоукладываемых смесей и формирование плотно упакованной структуры. Высокая плотность структуры может быть достигнута за счет введения в систему 2—3 фракций минеральных микронаполнителей, близких по кристаллохимическому строению. Наиболее целесообразным в этом случае является использование микронаполнителей, параметры кристаллических ячеек которых соизмеримы с аналогичными параметрами гидратных фаз цементных систем. При этом размер частиц наполнителей не должен превышать 150 мкм.

В данной работе в качестве тонкодисперсных наполнителей применяли карбонат кальция (мел) ММС2 (ГОСТ 12085) с насыпной плотностью не более  $690 \text{ кг/м}^3$ , влажностью не более 0,7%, удельной поверхностью не более  $1000 \text{ м}^2/\text{кг}$ , а также тонкодисперсный доломит ДТ-2 (СТБ 2060) с насыпной плотностью не более  $1000 \text{ кг/м}^3$ , влажностью не более 0,5%, удельной поверхностью  $(500 \pm 100) \text{ м}^2/\text{кг}$ . Размер частиц вышеуказанных тонкодисперсных наполнителей составлял от 50 до 90 мкм.

Следует отметить, что частицы доломита имеют плотную структуру, удельную поверхность, сопоставимую с цементом, и практически негигроскопичны. В связи с этим тонкомолотый доломит способствует уменьшению водопотребности вяжущего.

Карбонат кальция (мел) не инертен и вступает в активное физико-химическое взаимодействие с клинкерными минералами цемента, участвуя в формировании цементного камня. При естественном твердении это ведет к образованию плотного контакта между ними и сростанию продуктов гидратации цемента с микронаполнителем.

В качестве легких заполнителей в настоящей работе применялся перлит вспученный (ГОСТ 10832) зернового состава не более 1,5 мм и насыпной плотностью не более  $100 \text{ кг/м}^3$ , вермикулит вспученный (ГОСТ 12865) зернового состава не более 1,5 мм и насыпной плотностью не более  $150 \text{ кг/м}^3$ , керамзитовый песок (СТБ 1217) зернового состава не более 5 мм и насыпной плотностью  $640 \text{ кг/м}^3$ .

Наибольшей эффективностью с точки зрения понижения плотности штукатурных растворов обладает перлит, поскольку при измельчении его насыпная плотность не растет, а снижается. Вспученный перлит имеет структуру поверхности, непроницаемую для цементного теста, поэтому в строительных растворных смесях не происходит вовлечения цементного теста внутрь перлитовых сфер.

Для получения легких штукатурных составов с достаточно высокими прочностными свойствами, водоудерживающей способностью,

низким водопоглощением, трещиностойкостью, удобоукладываемостью и другими функциональными показателями применялись модифицирующие добавки в различных комбинациях.

Выбор модифицирующих добавок производился в зависимости от требуемых характеристик штукатурных составов.

В таблице 1 представлены исходные материалы для получения легких штукатурных составов.

*Таблица 1*

**Исходные материалы для получения легких штукатурных составов**

Наименование материала	Состав № 1	Состав № 2	Состав № 3	Состав № 4	Состав № 5	Состав № 6
Портландцемент песчанистый ПЦП М 500	+	+	+	+	+	+
Карбонат кальция (мел) ММС 2	+	+	+	—	—	—
Тонкодисперсный доломит	—	—	—	+	+	+
Вспученный перлит	+	—	—	+	—	—
Вспученный вермикулит	—	+	—	—	+	—
Керамзитовый песок	—	—	+	—	—	+
Метилцеллюлоза	+	+	+	+	+	+
Дисперсионный полимерный порошок						
— для наружных работ	+	+	+	+	+	+
— для внутренних работ	+	+	+	+	+	+

**ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛЕГКИХ ШТУКАТУРНЫХ СОСТАВОВ**

В настоящее время существует широкий выбор технологических приемов, позволяющих регулировать структуру и свойства цементных композиционных материалов. Одним из них является использование тонкодисперсных наполнителей [1]. Введение в цементные системы тонкодисперсных минеральных наполнителей позволяет обеспечить условия для получения высокотехнологичных и удобоукладываемых смесей и формирование смешанного вяжущего плотно упакованной структуры твердения.

Приготовление смешанного вяжущего к использованию проводилось путем смешивания в течение 30 минут портландцемента песчанистого с тонкодисперсными наполнителями (карбонат кальция, доломит). Затем оценивалась активность вяжущего. Для этого использовалась методика, разработанная на кафедре «Химическая технология строи-

тельных и специальных вяжущих веществ» СПбГТУ [2]. Испытания проводились на стандартных образцах-балочках размером (40×40×160) мм, приготовленных из цементного теста нормальной густоты по ГОСТ 310,3. Образцы в формах выдерживались над водой в течение 24 часов при температуре (20±2)°С и относительной влажности воздуха (95±5)%. Через 24 часа после затворения образцы освобождались из форм и не позднее, чем через 20 минут испытывались на прочность на сжатие.

Активность цементов через 24 часа твердения оценивалась по формуле:

$$R_{24} = P/S \cdot (\text{МПа}),$$

$R_{24}$  — прочность на сжатие, МПа;

$P$  — максимальная нагрузка при разрушении образца, Н;

$S$  — площадь образца, мм<sup>2</sup>.

В соответствии с данной методикой результаты испытаний активности портландцементов условно делятся на три группы:

I — малоактивные с активностью менее 20 МПа;

II — средней активности с активностью (20—30) МПа;

III — высокоактивные с активностью более 30 МПа.

Применение цементов средней и высокой активности позволяет снизить содержание вяжущих в рецептуре строительных смесей.

В таблице 2 представлены показатели экспресс-оценки активности базового и смешанного вяжущих.

Таблица 2

**Показатели активности базового и смешанного вяжущего**

№ п.п.	Наименование цемента	Предел прочности при изгибе, МПа, через 24 ч.	Предел прочности на сжатие, МПа, через 24 ч.	Плотность раствора, кг/м <sup>3</sup> , через 24 ч.
1	ПЦП М 500	4,6	25,4	2180
2	ПЦП М 500 CaCO <sub>3</sub> (20%)	4,8	26,4	2170
3	ПЦП М 500 доломит (15%)	4,4	25,8	2180

Исходя из данных, указанных в таблице, портландцемент песчаный и смешанное вяжущее на его основе относятся к цементам средней активности.

Проведенные исследования показали, что прочность образцов, приготовленных из цементного теста на смешанном вяжущем с тонкодисперсными наполнителями, — не ниже, чем у базового цемента. Введение в цементные системы тонкодисперсных минеральных наполнителей обеспечивает создание необходимых условий для получения высокотехнологичных и удобоукладываемых смесей [3].

Тонкодисперсный доломит и карбонат кальция позволяют заменить часть вяжущего вещества, сохраняя при этом достаточно высокие показатели свойств цементных смесей и цементного камня. При твердении растворов тонкодисперсная минеральная добавка, вводимая взамен части цемента, играет в основном пластифицирующую роль, кроме того, идет образование с продуктами гидратации цемента активного вяжущего.

Таким образом, смешанное вяжущее средней активности (портландцемент песчаный — карбонат кальция, портландцемент песчаный — доломит) может применяться для разработки составов легких штукатурных смесей.

Основными компонентами для получения легких штукатурных смесей являются легкие заполнители, которые представляют собой рыхлую смесь зерен природного и искусственного происхождения. Искусственные пористые заполнители отличаются от заполнителей, полученных из промышленных отходов, стабильностью состава и свойств, и поэтому рекомендуются для использования в составах строительных смесей.

На свойства строительных растворов заметное влияние оказывает качество заполнителей: крупность зерен, гранулометрический состав, прочность и плотность упаковки, а также сцепление между ними и цементным камнем.

Следует отметить, что наиболее слабым местом в строительном растворе является контакт между цементным камнем и заполнителем, поскольку именно здесь наблюдается наибольшее количество дефектов структуры.

Применение каждого из заполнителей имеет свои особенности. Большое влияние на прочность бетона оказывает способность пористых заполнителей в процессе приготовления и укладки смеси поглощать воду, а затем постепенно отдавать ее в твердеющий цементный камень. Данное свойство пористых заполнителей создает благоприятные условия для твердения цементного камня, что, в конечном счете, приводит к повышению прочности и обеспечивает лучшее сцепление с зернами заполнителя.

От содержания и качества заполнителей зависит расход цементного теста, необходимый для получения раствора плотной структуры.

Кроме того, в легком растворе на пористых заполнителях происходит процесс самовакуумирования: заполнители, как микронасосы, отсасывают воду, уплотняя тем самым цементное тесто. В результате повышается прочность цементного камня, улучшается его сцепление с поверхностью заполнителя, растет прочность раствора.

Технологические свойства растворной смеси определяются толщиной пленок воды, образующихся после затворения вокруг частиц вяжущего, и количеством цементного теста, окружающего зерна заполнителей. По мере химического связывания воды в процессе гидратации цемента уменьшается толщина указанных пленок, что приводит к постепенной потере пластичности. В связи с этим, важнейшим свойством легких штукатурных растворов является их водоудерживающая способность, которая предохраняет смесь от преждевременной потери воды при укладке на пористое основание.

Весьма важным технологическим показателем для штукатурных растворных смесей является удобоукладываемость, о которой судят по изменению основных структурно-механических характеристик. Удобоукладываемость зависит от пластичности (подвижности или консистенции), водоудерживающей способности, расслаиваемости растворной смеси и от ее способности сохранять эти свойства во времени.

Как правило, раствор с недостаточной водоудерживающей способностью быстро теряет воду и становится жестким. Такая потеря удобоукладываемости затрудняет работу, понижает производительность труда и уменьшает прочность раствора.

Весьма важным технологическим показателем является текучесть, которая определяется отсутствием стекания (сползания) растворной смеси на вертикальной поверхности. В течение времени, пока раствор еще не потерял своих пластических свойств, под действием силы тяжести может происходить смещение слоев раствора относительно друг друга, в результате чего происходит деформация и разрушение целостности легкого штукатурного покрытия.

В таблице 3 представлены технологические свойства легких штукатурных растворных смесей.

В работе установлено, что у смешанного вяжущего наблюдается увеличение водоудерживающей способности. Поскольку введение тонкодисперсных наполнителей производится взамен части цемента, и их частицы имеют высокую удельную поверхность и меньшую плотность, чем у цемента, то объем теста увеличивается. При этом, чем

выше дисперсность наполнителей, тем больше адсорбционной воды удерживается на поверхности частиц. Так, например, при введении доломита, наблюдается снижение водоудерживающей способности вяжущего. Это связано с тем, что доломит имеет меньшую удельную поверхность, более плотную структуру и менее гигроскопичен, чем карбонат кальция.

Таблица 3

**Технологические свойства легких штукатурных смесей**

Наименование материала	Технологические характеристики					
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6
Подвижность, см	7,9	7,8	7,8	7,0	7,2	7,0
Консистенция, мм	170	165	174	175	180	165
Водоудерживающая способность, %	98,8	98,5	98,2	97,8	97,8	97,2
Текучесть (+ стекает; — не стекает)	—	—	—	—	—	—

Весьма важной характеристикой легких штукатурных составов является теплопроводность. Количественной характеристикой теплопроводности является коэффициент теплопроводности, который представляет собой способность материала передавать через свою толщину тепловой поток, возникающий из-за разности температур на противоположных поверхностях.

Особое влияние на данный показатель оказывают плотность и влажность материала. Так, плотный материал имеет больший коэффициент теплопроводности, чем пористый, так как поры штукатурного состава заполнены воздухом, который имеет низкий коэффициент теплопроводности.

Увеличение влажности материала также приводит к повышению его теплопроводности. Известно, что влажный материал имеет больший коэффициент теплопроводности и обладает худшими теплозащитными свойствами, чем сухой. Это связано с тем, что при увлажнении материала его поры заполняются водой, имеющей высокий коэффициент теплопроводности.

В связи с этим очень важно, чтобы применяемые для теплозащиты домов строительные материалы были сухими.

Коэффициент теплопроводности определялся при стационарном тепловом режиме на приборе ИТП-МГ-4 в соответствии с СТБ 1618.



Установлено, что коэффициент теплопроводности разработанных легких штукатурных составов равен  $0,14-0,20$  Вт/м·°С.

Материал, применяемый в конструкциях зданий и сооружений, подвергается воздействию окружающей среды, в частности, совместному действию воды и колебаниям температуры (замораживание и оттаивание). Способность насыщенного водой материала выдерживать попеременное замораживание и оттаивание количественно оценивается маркой по морозостойкости. При этом от морозостойкости зависит долговечность строительных материалов в конструкциях.

Морозостойкость зависит от структуры материала: чем выше относительный объем пор, доступных для проникновения воды, тем ниже морозостойкость.

Известно, что в зимний период времени штукатурный раствор, находящийся в наружной части стены ограждающей конструкции, промерзает, и происходит миграция пара от «тепла к холоду». Пар стремится наружу, поскольку его давление при отрицательной температуре ниже, чем при положительной: давление пара при температуре плюс  $20^{\circ}\text{C}$  —  $2,33$  кПа; давление пара при температуре минус  $10^{\circ}\text{C}$  —  $0,27$  кПа. Стремясь выйти наружу, водяной пар попадает в зону отрицательных температур и конденсируется в порах наружной грани стены. В случае, когда коэффициент насыщения водой, хотя бы части пор, приближается к 1, в стенах пор возникают большие растягивающие напряжения. Разрушение начинается обычно в виде шелушения поверхности штукатурного покрытия, которое затем распространяются вглубь.

Таким образом, воздействие на раствор попеременного замораживания и оттаивания, подобно многократному воздействию растягивающей нагрузки, вызывает усталость материала и, в конечном итоге, его разрушение.

Испытание морозостойкости легких штукатурных растворов проводилось в соответствии с ГОСТ 5802. В процессе испытания определялась марка по морозостойкости — число циклов попеременного замораживания и оттаивания, при котором не наблюдается появления трещин, вздутий, шелушения, и прочность на сжатие снижается не более, чем на 25%.

Легкие строительные растворы в силу своей высокой пористости менее морозостойкие, чем тяжелые, но достаточно морозостойки для применения в стеновых конструкциях зданий и сооружений.

В связи с тем, что внутри и снаружи здания всегда существует перепад температур воздуха и давления, то, как правило, происходит диффузия водяного пара через ограждающую конструкцию в сторону об-

ласти более низкого давления. Процесс появления влаги и накопление ее в конструкции можно отнести к одному из самых вредных факторов, который приводит к разрушению конструкции, снижению теплозащиты, ухудшению микроклимата, появлению плесени и грибков.

Таблица 4

**Морозостойкость легких штукатурных составов**

Состав №№	Прочность на сжатие в насыщенном водой состоянии, МПа	Результаты испытания морозостойкости		
		Число циклов	Прочность на сжатие, МПа	Потеря прочности при сжатии, %
1	6,4	25	6,2	3,2
		35	5,0	22,0
		50	разрушение образца	разрушение образца
2	9,4	25	9,0	4,3
		35	7,2	11,0
		50	7,4	20,8
3	10,2	25	9,3	9,0
		35	8,9	13,0
		50	7,9	22,1
4	7,0	25	6,6	5,7
		35	5,4	22,8
		50	разрушение образца	разрушение образца
5	10,2	25	9,7	4,9
		35	8,8	13,7
		50	8,2	19,6
6	10,0	25	9,5	5,0
		35	9,1	9,0
		50	7,8	22,0

Способность материала противостоять проникновению влаги характеризуется паропроницаемостью. Сущность метода определения паропроницаемости заключается в создании стационарного потока паров воды через исследуемый образец и определении величины этого потока.

Коэффициент паропроницаемости вычисляется в соответствии с ГОСТ 28575 и варьируется от 0,058 до 0,067 мг/м·ч·Па для материалов на основе песчанистого портландцемента ПЦП М500 и различных заполнителей.

В настоящей работе при испытании на горючесть легких штукатурных составов, проведенных НИИПБ и ЧС МЧС Республики Беларусь, хорошо показали себя растворы, выполненные с использованием в качестве тонкодисперсного наполнителя доломита и легких заполнителей вспученного перлита и вспученного вермикулита, имеющие плотность 950 кг/м<sup>3</sup> и 1100 кг/м<sup>3</sup> соответственно.

Испытания проводились в соответствии с ГОСТ 30244, метод 1 при температуре 22°С, относительной влажности 53%, атмосферном давлении 99,3 кПа. В процессе испытаний установлено, что потеря массы образцов составляет 7,96—8,52%, прирост температуры в печи — 2,4—2,6°С, прирост температуры в центре образцов — 1,6—1,8°С, прирост температуры на поверхности образцов — 1,8—3,0°С.

Исходя из полученных результатов, можно сделать вывод, что вышеуказанные легкие штукатурные составы относятся к негорючим материалам. Это позволит использовать вышеуказанные составы для отделки конструкций самой высокой степени ответственности.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

При выполнении настоящей работы выбраны наиболее эффективные компоненты для производства легких штукатурных составов на основе портландцемента песчанистого ПЦП М500, тонкодисперсных наполнителей (карбонат кальция, тонкодисперсный доломит), легких заполнителей (перлит вспученный, вермикулит вспученный, керамзитовый песок) и специальных модифицирующих добавок, определены их оптимальные соотношения.

Установлено, что разработанные составы обладают высокой вододерживающей способностью, низкой плотностью, достаточно высокими прочностными свойствами и морозостойкостью, высоким коэффициентом паропроницаемости.

Применение легких штукатурных составов позволит улучшить теплофизические характеристики конструкций, что особенно актуально ввиду возрастающих цен на энергоносители и в связи с реализацией государственной программы по энергосбережению.

Следует отметить, что разработка легких штукатурных составов с теплоизолирующими свойствами в отечественной промышленности проводилась впервые.

## **Список цитированных источников**

1. *Афанасьев, Н.Ф.* Добавки в бетоны и растворы / Н.Ф. Афанасьев, М.К. Целуйко. — М.: Высшая школа, 1988. — 250 с.

2. Рецептурный справочник по сухим строительным смесям / В.И. Корнеев [и др.] 1-ое издание. — СПб.: Квинтет, 2010. — 308 с.
3. *Макаревич, М.С.* Влияние тонкодисперсных наполнителей на модификацию свойств портландцемента / М.С. Макаревич, Е.К. Краевая // Нетрадиционные технологии в строительстве: материалы 2-го Междунар. науч.-техн. семинара, Томск, 29 мая — 1 июня 2001 г. / ТГАСУ. — Томск, 2001. — С. 447—448.

*Получено 03.10.12 г.*