

УДК 678.04:693.22

КОМПЛЕКСНАЯ ДОБАВКА ЗАМЕНИТЕЛЬ ИЗВЕСТИ НА ОСНОВЕ ШЛАМА ВОДООЧИСТКИ ДЛЯ ЦЕМЕНТНЫХ КЛАДОЧНЫХ РАСТВОРОВ

канд. техн. наук А.А. БАКАТОВИЧ, канд. техн. наук Л.М. ПАРФЕНОВА
(Полоцкий государственный университет)

Приведены результаты исследований применения в кладочных растворах комплексной добавки заменитель извести, полученной на основе шлама водоочистки и пластификатора СПС. С использованием седиментационного и микроскопического методов анализа, результатов исследования пластичности дано объяснение механизма действия добавки заменителя извести в растворных смесях как результата сочетания эффекта от диспергирования шлама пластификатором СПС и его пластифицирующего воздействия на цемент. Выполнен комплекс испытаний по сравнительной оценке строительно-технических свойств кладочных растворов, содержащих добавку заменитель извести и известь. Установлено, что показатели качества растворов с добавкой заменителя извести соответствуют нормативным значениям.

С целью получения кладочных цементных растворов, отвечающих требованиям удобоукладываемости и обладающих водоудерживающей способностью для обеспечения набора прочности в кирпичной кладке, в их состав вводят минеральные добавки-пластификаторы. Традиционными добавками для кладочных растворов являются известь и глина.

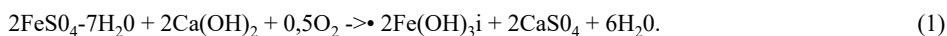
Однако существуют определенные трудности при применении добавок извести и глины в строительных растворах. Известь имеет высокую стоимость. На этапе предварительной подготовки необходимо проводить операции по ее гашению и приготовлению известкового молока с концентрацией 25 %. Из-за низкой концентрации извести при введении в растворные смеси возможна передозировка воды. Растворные смеси получаются чрезмерно подвижными, имеют высокую расслаиваемость. В практике строительства часто идут по пути сокращения расхода известкового молока, а это приводит к применению тощих растворных смесей с плохой удобоукладываемостью [1].

Использование глины в качестве добавки в растворах на портландцементе замедляет его гидратацию и существенно сказывается на конечной прочности раствора [2]. Кроме того, глина при естественной влажности плохо распускается в воде и это затрудняет ее введение в растворную смесь.

Известны случаи использования в качестве пластифицирующих добавок различных зол, отсевов, шламов. Их применение, как правило, носило локальный характер и ограничивалось регионами, где эти отходы образовывались. Следует отметить, что использование упомянутых добавок не выявило значительных преимуществ по сравнению с известью [3,4].

На кафедре строительного производства Полоцкого государственного университета разработана комплексная пластифицирующая добавка заменитель извести (добавка ЗИ) для цементных кладочных растворов. Исходным компонентом добавки ЗИ является шлам водоочистки, который образуется в процессе устранения жёсткости воды на тепловых электроцентралях и котельных. Жёсткая вода непригодна для проведения технологических процессов в промышленности из-за усиления коррозии и образования накипи. Она малопригодна при использовании в бытовых целях, так как приводит к повышенному расходу моющих средств.

Для умягчения в воду добавляют известковое молоко, которое переводит растворимые бикарбонаты кальция и магния в нерастворимые карбонаты. Затем воду обрабатывают сульфатом железа $FeSO_4 \cdot 7H_2O$, которое, являясь коагулянтом, осаждает все взвеси и примеси в виде коллоидной массы. В процессе коагуляции двухвалентное железо окисляется и образует гидроксид железа. Коагуляция с использованием сульфата железа и извести протекает по следующей химической реакции [5]:



Скоагулировавшие частицы гидроксида железа соединяются в так называемые цепочки, на поверхности которых адсорбируются коллоидные примеси воды (рис. 1). В процессе построения цепочных структур, сочлененных в кольца, образуются поры, заполненные водой. В результате сорбции гидроксидом железа коллоидных частиц, примесей воды формируются хлопья (см. рис. 1). Укрупнившиеся хлопья оседают под действием силы тяжести, увлекая за собой взвешенные частицы [6, 7]. После водоотделения на осветлителях скапливаются шламы, которые затем по трубопроводам подают в шламонакопители. Такой способ утилизации ведет к постепенному отторжению земель под новые шламонакопители и ухудшению экологической обстановки в регионах. В ряде мест на протяжении многих лет шламы сбрасывали в реки,

нарушался экологический баланс, дно и берега заиливались. На отдельных ТЭЦ шлам с осветлителей поступает на вакуум-фильтры, где обезвоживается и вывозится автосамосвалами на свалки.

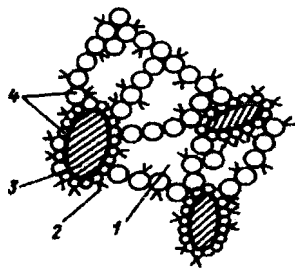


Рис. 1. Структура хлопьев шлама в очищаемой воде:

1 - захваченная вода; 2 - гуминовые вещества;
3 - коллоидные частицы; 4 - цепочки гидроксида железа

Проблема утилизации шлама не решена до настоящего времени. По данным концерна «Белэнерго», ежегодно на территории Республики Беларусь образуется 21,22 тыс. т шлама водоочистки. При исследовании химического состава шлама по регионам установлены предельные отклонения от средних значений по соединениям, %: SiO_2 - 0...4,9; $\text{Fe}(\text{OH})_3$ - 5,8...7,1; $\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ - 3...9,5; CaCO_3 - 62,8...68,2; CaSiO_3 - 3,9...6,6; $3\text{MgCO}_3 \cdot \text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ - 5,8... 10,6; органические вещества - 5,2...8,9. Основным компонентом шламов (2/3 массы) является карбонат кальция. Колебания состава шламов водоочистки по содержанию соединений в узком диапазоне 2...6 % позволяют сделать вывод о достаточной стабильности соотношений компонентов.

Вторым компонентом добавки ЗИ является пластифицирующая добавка, в состав которой входит сульфат натрия. Результаты исследований приведены для пластификатора СПС, созданного на основе сырьевой базы ОАО «Полимир» (ТУ РБ 05891370.145). Пластификатор СПС представляет собой смесь натриевых солей ароматических сульфокислот различной молекулярной массы с сульфатом натрия и предназначен для применения в растворных и бетонных смесях.

На первом этапе выполнена оценка влияния исходного шлама водоочистки на основные свойства кладочных растворов. Полученные результаты свидетельствуют о том, что растворные смеси, содержащие в качестве добавки шлам водоочистки, имеют высокую расслаиваемость, низкую водоудерживающую способность, а в ряде случаев более низкую подвижность и прочность, чем растворы с добавкой извести.

На втором этапе исследовались растворные смеси с комплексной добавкой из шлама водоочистки и пластификатора СПС. Полученные результаты представлены в табл. 1. В экспериментальных составах расход цемента составлял 160 кг, соотношение цемента и песка принято постоянным (1:9,7). Подвижность растворных смесей равна 8 см.

Таблица 1

Основные свойства растворов с пластифицирующими добавками

№ состава	Расход добавок, кг			В/Ц	Прочность, МПа	Расслаиваемость, %	Водоудерживающая способность, %
	известь	шлам	СПС				
1	81,2	-	-	2,03	7,51	9,0	96,6
2	-	-	2,24	2,03	7,55	17,1	95,2
3	-	24,4	2,24	1,78	7,74	8,3	97,2
4	-	24,4	1,92	1,83	7,69	8,7	96,9
5	-	24,4	1,6	1,87	7,65	9,0	96,7
6	-	32,5	2,24	1,83	7,64	7,4	97,5
7	-	32,5	1,92	1,87	7,6	8,0	97,2
8	-	32,5	1,6	1,92	7,55	8,5	97,0

Использование в растворных смесях только пластификатора СПС (состав 2) ведет к увеличению расслаиваемости и снижению водоудерживающей способности. Применение в качестве добавки смеси шлама и пластификатора СПС (составы 3-5) позволяет достигнуть основным показателям качества растворной смеси и раствора контрольных значений состава 1. Нормируемые показатели достигнуты при разном вводе шлама (30 и 40 % от массы извести), а также расходе пластификатора от 1,6 до 2,24 % от массы цемента. Использование пластификатора СПС позволило снизить водоцементное отношение, повысить водоудерживающую способность и снизить расслаиваемость до контрольных значений.

Таким образом в пластифицирующей добавке ЗИ эффект от использования шлама и пластификатора СПС не является простым суммированием эффектов от использования каждой добавки в отдельности. Добавка ЗИ позволяет получить нормируемые качественные показатели по расслаиваемости, водоудерживающей способности с одновременной возможностью снижения водоцементного отношения.

С целью объяснения полученных результатов при введении добавки ЗИ в растворную смесь выдвинута гипотеза о диспергирующем воздействии пластификатора СПС на шлам водоочистки в процессе их перемешивания.

Для подтверждения выдвинутого предположения проведен седиментационный анализ шлама водоочистки и добавки ЗИ при введении пластификатора СПС в количестве от 2 до 10 % (от массы шлама). По построенным дифференциальным кривым (рис. 2) определены размеры частиц и процентное содержание фракций шлама в составе добавки ЗИ при различном вводе пластификатора СПС.

Дифференциальная кривая распределения частиц шлама по размерам позволяет установить, что максимальное количество (20 %) составляют частицы с эквивалентным радиусом 7...8 мкм, а минимальный радиус частиц, определенный по результатам седиментационного анализа, равен 3,7 мкм. Для шлама, содержащего пластификатор СПС в количестве 4 %, наибольшее количество (23,5 %) представлено частицами с эквивалентным радиусом 3...4 мкм, при этом минимальный радиус частиц соответствует 2,6 мкм.

Дальнейшее увеличение дозировки пластификатора до 10 % позволяет уменьшить минимальный радиус частиц шлама до 1,9 мкм, что в 2 раза меньше минимального радиуса частиц шлама без добавки СПС. Полученная дифференциальная кривая распределения указывает на то, что максимальное количество (46 %) составляют частицы радиусом 2...3 мкм. При дозировке пластификатора СПС более 10 % от массы шлама снижения размеров частиц и изменения соотношения фракций в составе шлама не наблюдается.

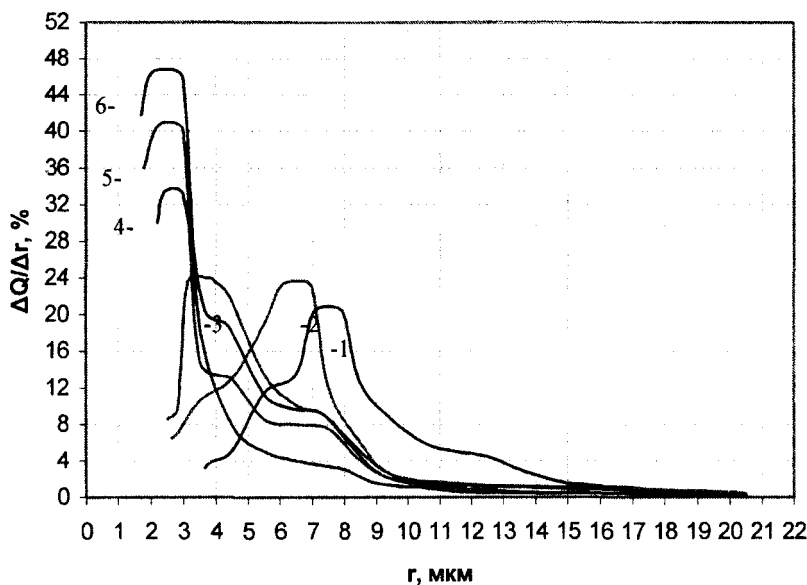


Рис. 2. Дифференциальные кривые распределения частиц по размерам:
1 – шлам; 2 – шлам + СПС 2 %; 3 – шлам + СПС 4 %; 4 – шлам + СПС 6 %;
5 – шлам + СПС 8 %; 6 – шлам + СПС 10 %

Полученные результаты седиментационного анализа позволяют сделать вывод о том, что пластификатор СПС при добавлении к шламу водоочистки воздействует на последний как диспергатор. Пластификатор СПС изменяет фракционный состав шлама не только в сторону уменьшения минимального размера частиц, но и увеличения их количества.

Для подтверждения полученных результатов и выводов проведен микроскопический анализ с использованием микроскопа «Аxiоvert-10» по стандартной методике. Размеры частиц шлама определяли при увеличении 500 крат. Результаты микроскопического анализа проб шлама и шлама, содержащего пластификатор в количестве 2... 10 %, подтвердили данные седиментационного анализа по установленным размерам частиц и их процентному содержанию по фракциям (рис. 3, 4).

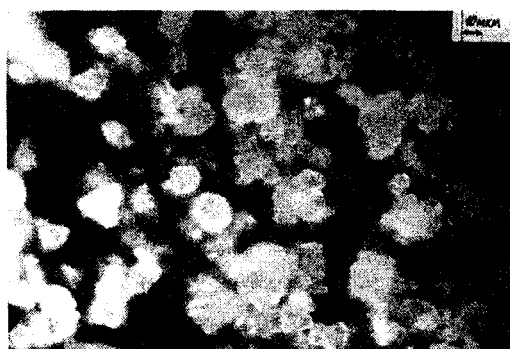


Рис. 3. Частицы шлама водоочистки

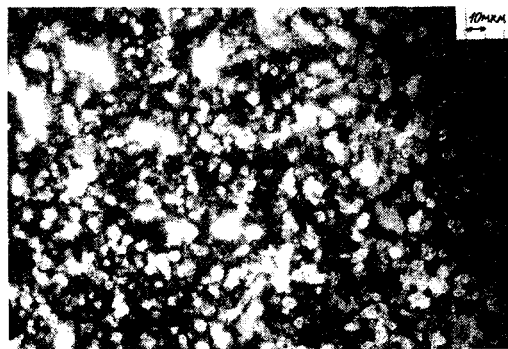


Рис. 4. Частицы шлама в составе добавки ЗИ с содержанием 10 % пластификатора СПС

Известно, что к водоудерживающим и снижающим расслаиваемость относятся добавки, состоящие из частиц, большинство которых имеет диаметр менее 10 мкм [8]. Исходя из результатов седиментационного анализа в добавке ЗИ частиц размером менее 10 мкм содержится 73 %. Следовательно, разработанную добавку можно отнести к пластифицирующим водоудерживающим добавкам, снижающим расслаиваемость, и этот вывод согласуется с результатами, приведенными в табл. 1.

Для выяснения механизма диспергирования исследовали пластичность шлама при различном вводе пластификатора СПС и его составляющих. Изменение диаметра расплыва шламовой пасты под действием силы тяжести оценивалось с использованием мини-конуса НИИЖБ [9].

Диаметр расплыва шлама, не содержащего пластификатор СПС, составляет 7 см. Максимальный диаметр 16,5 см соответствует содержанию 10 % пластификатора СПС. При введении 12 % СПС не происходит увеличение расплыва шлама.

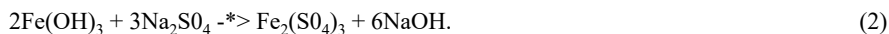
Установлено, что с ростом дозировки добавки СПС увеличивается расплыв шлама и сокращается время, за которое диаметр расплыва достигает своего наибольшего значения. По сравнению с чистым шламом, расплыв шлама, содержащего пластификатор СПС в количестве 10 %, увеличивается в 2,3 раза.

Для объяснения причины увеличения пластичности шлама после перемешивания с добавкой СПС исследовали изменение пластичности шлама, содержащего по отдельности компоненты пластификатора - сульфат натрия и органическую составляющую.

В пластификаторе СПС на долю сульфата натрия приходится около 60 %, а остальная часть представлена органическими соединениями. При введении сульфата натрия в количестве 6 % диаметр расплыва шлама составил 16,5 см. Эта дозировка соответствует количеству сульфата натрия, содержащемуся в пластификаторе СПС, при расходе последнего в количестве 10 % от массы шлама, и обеспечивающему расплыв 16,5 см.

Микроскопический анализ суспензии шлама с сульфатом натрия дает идентичную картину распределения частиц по размерам, как и в случае введения 10 % пластификатора СПС.

Следовательно, сульфат натрия при перемешивании со шламом разрушает цепочные структуры гидроксида железа, образующиеся в процессе коагуляции. Расщепление хлопьев происходит по следующей химической реакции:



Прохождение химической реакции (2) подтверждается изменением водородного показателя (рН) добавки ЗИ в сторону увеличения. Водородный показатель шлама равен 8,6, пластификатора СПС - 8,1. После перемешивания компонентов водородный показатель добавки ЗИ составляет 9,5.

Цепочные структуры (хлопья) удерживают в себе воду, а в процессе разрушения цепочек гидроксида железа происходит ее освобождение. Поступление дополнительного количества воды объясняет увеличение расплыва шлама при введении сульфата натрия, несмотря на диспергирование частиц.

Выполненные исследования позволили сделать вывод о том, что сульфат натрия в составе пластификатора СПС диспергирует частицы шлама водоочистки. В то же время сочетание компонентов - шлама и сульфата натрия, как показали дальнейшие исследования (табл. 2), не позволяет обеспечить достижение комплекса нормируемых показателей кладочных растворов. В исследуемых составах расход цемента составил 160 кг, соотношение цемента и песка - 1:9,7. Подвижность растворовных смесей равна 8 см.

Таблица 2

Основные свойства растворовных смесей с добавками

№ состава	Расход добавок, кг				в/ц	Расслаиваемость, %	Водоудерживающая способность, %
	известь	шлам	СПС	Na ₂ SO ₄			
1	81,2	-	-	-	2,03	9,0	96,6
2	-	24,4	-	-	2,03	17,3	94,8
3	-	24,4	-	1,3	2,03	12,1	95,8
4	-	24,4	2,24	-	1,78	8,3	97,2

Из данных табл. 2 следует, что значения расслаиваемости и водоудерживающей способности растворовных смесей составов 2 и 3 не соответствуют требованиям СТБ 1307. Показатели цементно-известковой и смеси с добавкой ЗИ (составы 1, 4) соответствуют требованиям стандарта. Достигнуть на растворовной смеси с добавкой ЗИ показателей цементно-известкового состава позволяет снижение водоцементного отношения за счет пластифицирующего воздействия добавки СПС, а именно ее органической составляющей на цемент.

Таким образом, доказано диспергирующее воздействие сульфата натрия в составе пластификатора СПС на шлам водоочистки. Дано объяснение механизма действия добавки ЗИ в растворовных смесях

как результата сочетания эффекта от диспергирования шлама пластификатором СПС и его пластифицирующего воздействия на цемент.

Выполнен комплекс испытаний по сравнительной оценке строительно-технических свойств кладочных растворов.

С целью выяснения срока возможного применения растворной смеси на строительной площадке исследовалось изменение подвижности растворных смесей с течением времени. Исследования проводились на цементном, цементно-известковом растворе и растворе с добавкой ЗИ. Дозировка шлама водочистки составила 30 % от расчетной массы извести. Пластификатор СПС вводили в количестве 1,6 % от массы цемента. Начальная подвижность принята равной 9 см.

Согласно требованиям СТБ 1307 подвижность растворов для кирпичной кладки должна находиться в пределах 7...9 см. Цементный раствор сохранял требуемую подвижность в течение 5,5 часов, цементно-известковый - 4,5 часа. Подвижность растворной смеси с добавкой ЗИ понизилась до 7 см только через 10 часов.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что применение добавки ЗИ позволяет увеличить время использования растворной смеси с 4,5 до 10 часов и ограничиться одноразовым завозом раствора на объект в течение смены, что в свою очередь снижает затраты на транспортировку.

Выполнены сравнительные испытания цементно-известкового раствора и растворов с добавкой ЗИ на морозостойкость. Согласно требованиям СНиП П-22 (изменение № 1) марка по морозостойкости кладочных растворов для наружных стен должна быть не ниже F50. В соответствии с требованиями ГОСТ 5802 потеря прочности испытываемых образцов после 50 циклов попеременного замораживания и оттаивания должна составлять не более 25 %.

Испытания на морозостойкость показали, что изменений прочности растворов М 50 и потери массы не наблюдалось после 50 циклов. Осмотр поверхности после 65 циклов выявил на ней шелушение (как контрольных (цементно-известковых), так и образцов с добавкой ЗИ). При этом значения падения прочности вплотную приблизились к предельно допустимому и составили 21,1...24,9 %. Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что марка по морозостойкости кладочных цементных растворов с добавкой ЗИ идентична показателю цементно-известкового раствора и соответствует требованиям СНиП П-22.

Изучена кинетика набора прочности кладочным раствором в течение года. Подтверждена идентичность роста прочности растворов с использованием извести и добавки ЗИ. Через 360 суток твердения прочностные показатели превышали значения в возрасте 28 суток на 50...70 %. Можно предположить, что дисперсные частицы карбоната кальция, содержащиеся в шламе, выступают в качестве центров кристаллизации [10], кроме того возможно образование сложного двойного соединения типа $\text{CaCO}_3 \cdot \text{Ca(OH)}_2$ [11], что способствует повышению прочности раствора с добавкой ЗИ.

Для оценки качественного состава новообразований, образующихся в процессе твердения цементно-известкового раствора и раствора с добавкой ЗИ, выполнен рентгенофазовый анализ (рис. 5,6). Исследования проведены на рентгеновском дифрактометре ДРОН-3 с использованием программы PD Win 2.0 «Порошковые методы рентгеновского анализа».

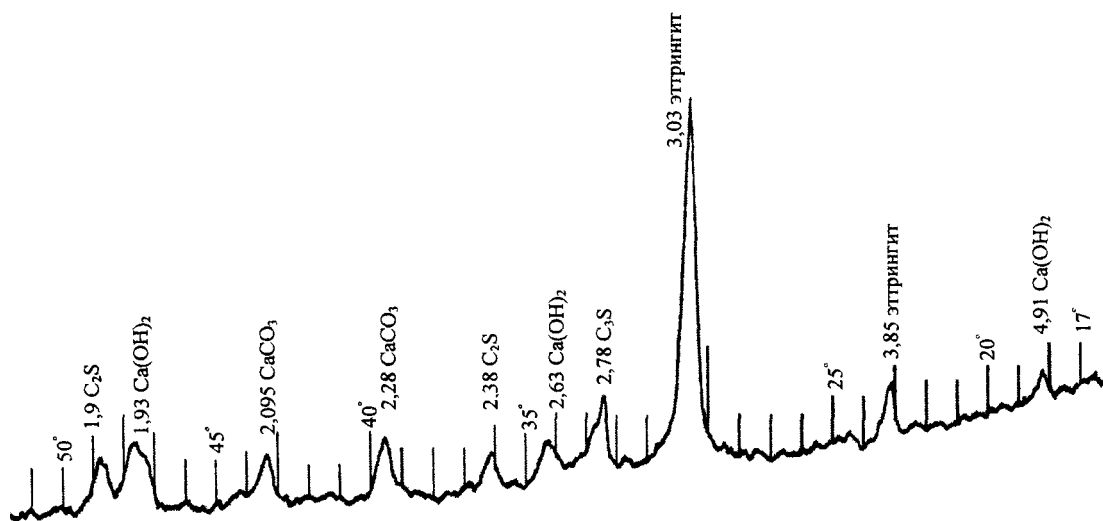


Рис. 5. Рентгенограмма цементного камня с добавкой извести в возрасте 7 суток

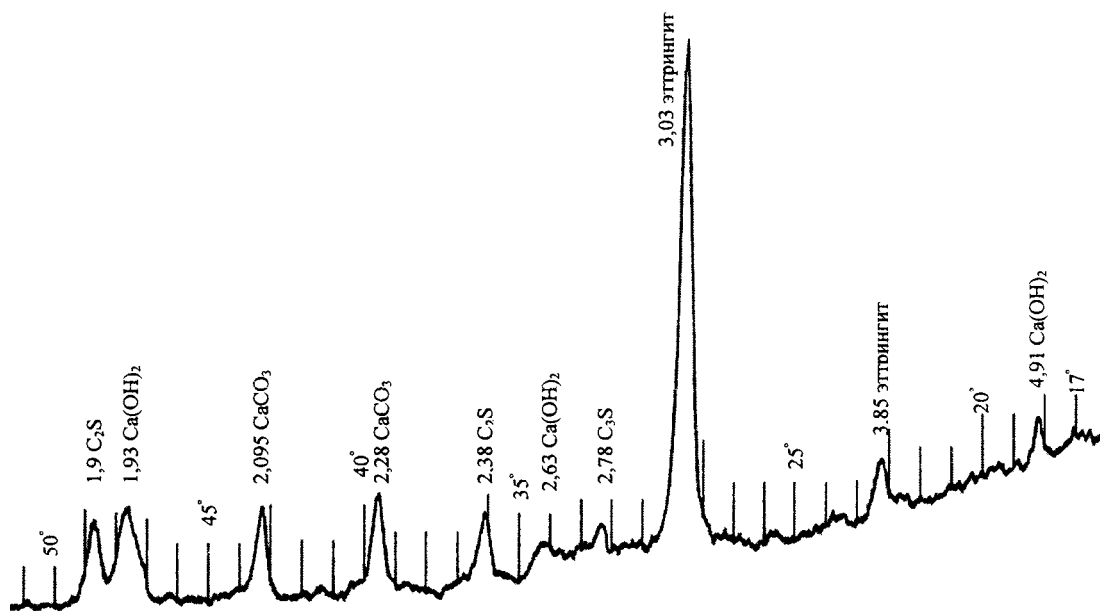


Рис. 6. Рентгенограмма цементного камня с добавкой ЗИ в возрасте 7 суток

Анализ рентгенограмм цементно-известкового камня и цементного камня с добавкой ЗИ в возрасте 7 и 28 суток не выявил новых образований в процессе гидратации цемента. В сравниваемых растворах установлено наличие стандартных соединений, характерных для гидратации цемента (этtringита, гидроксида и карбоната кальция, остатки непрогидратированных клинкерных минералов), и отсутствие каких-либо новых образований, влияющих на долговечность раствора с добавкой ЗИ.

Полученные результаты позволяют сделать вывод об обеспечении долговечности растворов, приготовленных с использованием добавки ЗИ.

Растворы с добавкой ЗИ имеют более низкие показатели водопоглощения по массе (7,2...7,65 %) и объему (12,9...13,7 %) в сравнении с цементно-известковым раствором (8,9 % и 16,2 % соответственно). Введение добавки ЗИ позволяет снизить величину падения прочности раствора в водонасыщенном состоянии, наблюдаемую у контрольного (цементно-известкового) раствора в 1,5...2 раза.

Проведены испытания по определению прочности сцепления растворов с кирпичом. Для цементно-известкового раствора прочность сцепления составила 0,12 МПа, для раствора с добавкой ЗИ - 0,19 МПа. Таким образом, прочность сцепления раствора с добавкой ЗИ на 35 % выше, чем у раствора с добавкой извести. Кроме того, при испытании образцов на цементно-известковом растворе разрушение происходило по границе контакта раствора с кирпичом, а в образцах на растворе с добавкой ЗИ разрушение происходило по растворному шву, что также указывает на более высокую адгезионную способность раствора с добавкой ЗИ [12].

Исходя из полученных результатов, согласно требованиям СНиП П-7 кладка на цементно-известковом растворе относится к I категории ($0,12 \text{ МПа} \leq R_{bf} < 0,18 \text{ МПа}$), а кладка на цементном растворе с добавкой ЗИ - ко II категории ($R_{bf} > 0,18 \text{ МПа}$) по сопротивляемости сейсмическим воздействиям. Таким образом, применение раствора с добавкой ЗИ позволяет повысить монолитность кладки зданий.

При исследовании прочности и относительных деформаций каменной кладки на растворе с добавкой ЗИ испытания проводили на кирпичных столбах. В качестве контрольных приняты столбы на цементно-известковом растворе. В результате испытаний установлено, что столбы, изготовленные на растворах со сравниваемыми добавками, имеют практически одинаковую разрушающую нагрузку, равную предельной прочности на сжатие используемого керамического кирпича (16,2 МПа).

Испытания показали, что при одинаковых напряжениях относительные деформации столбов на цементном растворе с добавкой ЗИ ниже, чем у столбов на цементно-известковом растворе. Так, при максимальной нагрузке для столбов на цементно-известковом растворе относительные деформации достигли $3,9910^{-3}$, а для столбов на цементном растворе с добавкой ЗИ - $2,9610^{-3}$. А это на 25 % меньше показателя контрольных столбов.

Более низкие относительные деформации столбов на цементном растворе с добавкой ЗИ обусловлены более низкими относительными деформациями самого цементного раствора с добавкой ЗИ, по сравнению с цементно-известковым раствором. Для подтверждения этого дополнительно были изготовлены призмы размерами 70x70x280 мм из цементно-известкового и цементного раствора с добавкой ЗИ. По стандартной методике призмы нагружались, и измерялись относительные деформации. При максимальном напряжении для цементно-известкового раствора (7,53 МПа) деформации достигли $1,53 \cdot 10^{-3}$, а для цементного раствора с добавкой ЗИ - $1,09 \cdot 10^{-3}$. Таким образом, деформации цементно-известкового раствора превысили показатели цементного раствора с добавкой ЗИ на 29 %.

Определены модули упругости для растворов по ГОСТ 24452. Так, для цементно-известкового раствора модуль упругости E_b составил $11,9 \cdot 10^3$ МПа, а для цементного с добавкой ЗИ - $16,4 \cdot 10^3$ МПа.

Выполненные исследования позволяют сделать вывод о возможности обеспечить при использовании добавки ЗИ комплекса технологических и эксплуатационных свойств кладочных растворных смесей и растворов. При этом расход добавки ЗИ в 2,5...3 раза меньше количества необходимой извести. Экономические расчеты показывают, что стоимость новой добавки ЗИ в пересчете на 1 м³ раствора в 2,5... 3 раза меньше стоимости извести.

Необходимо отметить, что производство добавки ЗИ и растворов с ее использованием возможно во всех регионах, где происходит устранение жесткости воды по технологической схеме, приведенной выше. При переходе на использование добавки ЗИ не требуется переоборудования растворных узлов. Для подачи раствора добавки ЗИ используется трубопровод подачи известкового молока. При этом не возникает опасность передозировки воды в растворную смесь, так как расход добавки ЗИ меньше в 2... 5 раз по сравнению с известью.

Результаты научных исследований реализованы при разработке технических условий [13] и при получении патента на изобретение [14].

ЛИТЕРАТУРА

1. Чистяков Б.З., Лялинов А.Н. Использование минеральных отходов промышленности в производстве строительных материалов. - Л.: Стройиздат, 1984. - 152 с.
2. Арбузова Т.Б., Коренькова С.Ф., Брусенцов Г.Н. Использование местных материалов для повышения качества строительных растворов // Строительные материалы. - 1988. - № 4. - С. 20 - 21.
3. Лещинский М.Ю. Использование зол в бетонах и растворах // Строительство и архитектура. - 1985. - № 10.-С. 15.
4. Сухов Ю.В., Коренькова С.Ф., Шеина Т.В. Заменитель извести в строительных растворах // Строительные материалы. - 1989. - № 1. - С. 14-15.
5. Mark J. Hammer. Water and waste-water technology.-New-York: John Wiley and Sons, inc., 1975.-400 p.
6. Запольский А.К., Баран А.А. Коагулянты и флокулянты в процессах очистки воды: Свойства. Получение. Применение. - Л.: Химия, 1987. - 208 с.
7. Громогласов А.А., Копылов А.С., Пильщиков А.П. Водоподготовка: процессы и аппараты / Под ред. О.И. Мартыновой. - М.: Энергоиздат, 1990. - 272 с.
8. Michel Venuat. La pratique des ciments et des betons. - Paris: Le Moniteur des Travaux publics et du Bati-ment, 1976. - 375 p.
9. Рекомендации по физико-химическому контролю состава и качества суперпластификатора С-3. - М.: НИИЖБ Госстроя СССР, 1984. - 56 с.
10. Потапов Ю.Б., Пузырев А.И., Замолоцких С.Н. Исследование минералогического и фазового состава цементного камня с наполнителем на основе карбоната кальция // Композиционные строительные материалы с использованием отходов промышленности: Тез. докл. к зональному семинару, Пенза, 29 - 30 окт. 1990 года. - Пенза: Пензенский инж.-строит. ин-т, 1990. - С. 45 - 46.
11. Бакатович А.А., Бозылев В.В. Цементные кладочные растворы с комплексной добавкой - заменителем извести // Архитектура и строительство. - 2002. - № 3. - С. 22 - 23.
12. Свойства тонкодисперсного вяжущего с известняковым наполнителем / А.Б. Бреслер, Г.А. Руднева, С.Л. Хариф, Л.С. Нефедова // Цементы и их строительно-технические свойства. Вып. 100. - М.: НИИЦемент, 1990. - С. 2 - 15.
13. ТУ РБ 05891370.145-97. Добавка пластифицирующая СПС для бетонов. Опытная партия, 1997. - 17 с.
14. Пат. 6694 ВУ, МКИ С 04В. Строительная смесь.; Заяв. 08.30.2004.