

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ

УДК 691.5.535

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕРИАЛА ПЛАСТИС-БК НА ОСНОВЕ ШЛАМА ВОДООЧИСТКИ В СТРОИТЕЛЬНЫХ РАСТВОРАХ

канд. техн. наук, доц. А.А. БАКАТОВИЧ, И.А. КУХОРЕВ, Ю.В. ЖУРАВСКАЯ
(Полоцкий государственный университет)

Приведены результаты исследований строительных растворных смесей и растворов, содержащих материал Пластис-БК, полученный путем обжига шлама водоочистки ТЭЦ. Проведенный термический и рентгенофазовый анализ позволили определить оптимальную температуру обжига шлама и химический состав материала Пластис-БК. Материал Пластис-БК использовали в качестве вяжущего вещества в штукатурных составах и добавки в цементных кладочных растворах. Результаты проведенных испытаний по определению основных показателей качества подтверждают соответствие строительных растворов, содержащих Пластис-БК, требованиям СТБ 1307.

Традиционно в кладочные растворные смеси в качестве пластифицирующей и водоудерживающей добавки вводят воздушную известь. На сегодняшний день стоимость извести превышает стоимость портландцемента, что делает экономически невыгодным ее использование в строительных растворах.

На протяжении многих десятилетий ведутся работы по поиску новых добавок для кладочных растворов, позволяющих заменить известь в смешанных растворах без снижения показателей качества последних. В тридцатых годах прошлого столетия профессором Н.А. Поповым были предложены цементно-глиняные растворы [1]. Применение глины в растворе в виде теста создавало производственные затруднения. Требовалось устройство непосредственно на строительстве или на растворных узлах глинохранилищ с глиномешалками или другими механизмами, пригодными для приготовления глиняного теста.

Вместо глиняного теста предлагалось использовать сухой порошок глины с крупностью зерен до 0,3 мм [2]. Однако в таком виде глина перестает быть дешевым материалом. Размол глины требует предварительной сушки, вследствие чего стоимость глиняного порошка приближается к стоимости извести. Кроме того, известно, что присутствие глины в растворах замедляет гидратацию портландцемента и снижает конечную прочность раствора [3].

В качестве заменителей извести предлагалось использовать золы-уноса ТЭС, цементную и керамзитовую пыль, осадки очистки природных вод, карбидный ил, гидроксидный шлам [4, 5]. Так как в большинстве случаев добавками являются побочные продукты или отходы производства, то основными их недостатками являются непостоянство химического состава и снижение отдельных показателей качества растворных смесей и растворов.

Изучение проблемы свидетельствует о том, что вопрос поиска новых добавок для растворов актуален для всех регионов республики. Поэтому основной задачей исследований являлось изучение возможности применения шлама водоочистки в качестве исходного сырья для получения эффективной комплексной добавки, использование которой позволило бы исключить применение извести в кладочных растворах.

Шлам водоочистки – вторичный продукт, получаемый в результате устранения карбонатной и некарбонатной жесткости воды на тепловых электроцентралях и котельных [6]. Вопрос утилизации шлама остается открытым до настоящего времени. На ряде электроцентралей шлам подают в шламонакопители. Такой способ утилизации ведет к постепенному отторжению земель под новые шламонакопители и ухудшению экологической обстановки в регионах. На отдельных тепловых электроцентралях вопрос утилизации шлама решен в большей степени. Шлам поступает на вакуум-фильтры, где он обезвоживается, а затем вывозится на свалки.

За год на территории Республики Беларусь образуется 21,22 тыс. тонн шлама. Основные соединения, содержащиеся в шламе, – карбонат кальция (63...68 %) и основной карбонат магния (до 11 %). Содержание остальных веществ колеблется в следующих пределах: двухводный гипс – до 9,5 %; гидроксид железа – до 7 %; оксид кремния – до 5 %; силикат кальция – до 7 %; органические соединения – до 9 %.

Незначительные колебания химического состава шлама на ТЭЦ республики позволяют применить шлам любого региона Беларуси в качестве исходного сырья для получения материала Пластис-БК – заменителя извести в строительных растворах. Материал Пластис-БК получен в результате обжига шлама водоочистки.

С целью установления оптимальной температуры обжига шлама и происходящих при этом химических процессов проведен термический анализ шлама. Получены дифференциально-термическая кривая (ДТА) и кривая изменения массы (ТГ) (рис. 1).

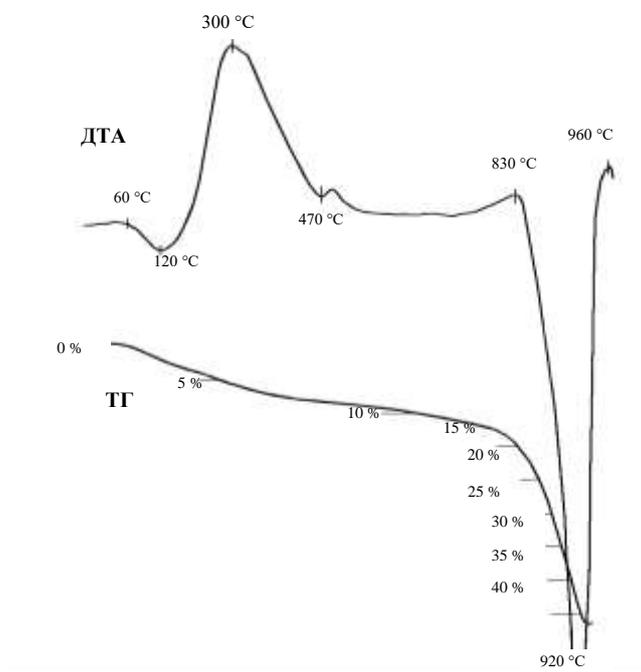


Рис. 1. Кривые термического анализа шлама:
ДТА – дифференциально-термическая кривая; ТГ – кривая изменения массы

Начиная с температуры 60 °С, начинает интенсивно испаряться содержащаяся в шламе свободная вода, потери по массе составляют около 3 %. В диапазоне температур 160...470 °С происходит выгорание органических соединений с потерей массы 9 %. Наиболее интенсивно потеря массы происходит в интервале 760...960 °С, что связано с диссоциацией карбоната кальция и магния.

В результате проведенного термического анализа установлено, что при температуре ~960 °С заканчиваются основные химические превращения в материале, при этом потеря массы составляет около 42 %. Таким образом, оптимальная температура обжига шлама находится в пределах 950...960 °С.

Для определения химического состава обожженного шлама проведен рентгенофазовый анализ. Рентгенограмма обожженного шлама представлена на рис. 2.

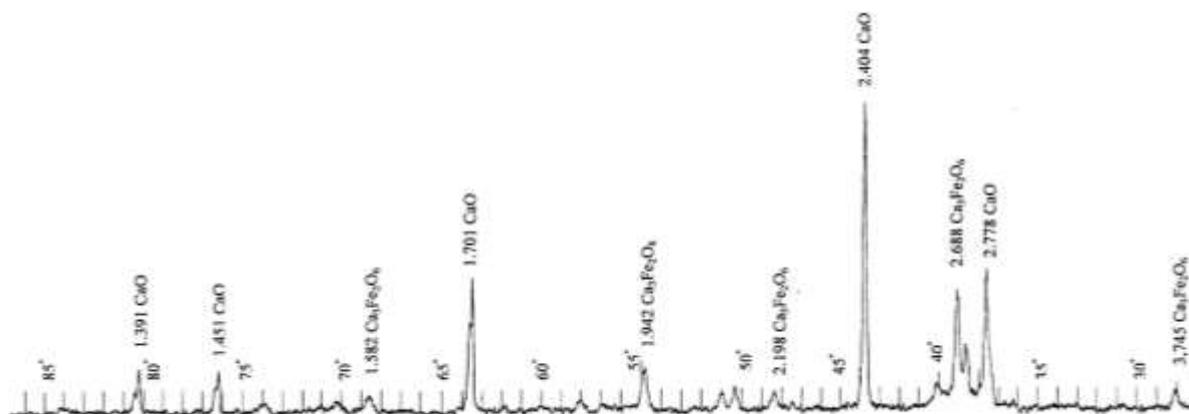


Рис. 2. Рентгенограмма обожженного шлама

По данным рентгенограммы можно сделать вывод о том, что основной фазой является CaO и Ca₃Fe₂O₆. Возможно, наличие в материале Пластик-БК гидравлического гипса, оксида магния и золы полученной от сжигания органических соединений в количестве не более 10 %. Данные химического состава Пластик-БК дают возможность предположить, что новый материал можно будет использовать в качестве заменителя извести не только в кладочных, но и в штукатурных растворах.

Проверка эффективности материала Пластик-БК в качестве комплексной добавки для кладочных цементных растворов производилась согласно требованиям СТБ 1307. В качестве контрольного принят состав цементно-известкового кладочного раствора при подвижности 8 см.

В экспериментальных составах расход цемента составлял 160 кг, соотношение цемента и песка принято постоянным (1:9,7), а вместо извести в качестве добавки использовали материал Пластик-БК. Добавку Пластик-БК вводили в количестве от 30 до 100 % от массы извести, необходимой по расчету. Результаты определения вододерживающей способности растворных смесей и прочности растворов с добавками извести и Пластик-БК представлены в табл. 1. Дозировки добавок извести и Пластик-БК приведены по сухому веществу.

Таблица 1

Основные показатели качества кладочных растворных смесей и растворов

№ состава	Расход добавок, кг		В/Ц	Прочность, МПа		Расслаиваемость, %	Вододерживающая способность, %
	известь	Пластик-БК		7 сут	28 сут		
1	81,2	–	1,89	5,4	7,7	9,0	97,8
2	–	24,4	1,96	5,4	7,8	11,5	97,3
3	–	32,5	2,01	5,3	7,9	9,0	97,8
4	–	40,6	2,05	5,3	7,8	8,5	98,2
5	–	48,7	2,08	5,1	7,4	8	98,4
6	–	65,0	2,12	4,6	6,8	7,5	98,6
7	–	81,2	2,17	4,6	6,8	7,5	98,9

В результате выполненных исследований установлено, что при введении Пластик-БК в количестве 40 и 50 % от необходимого расхода извести составы 3 и 4 имеют показатели по прочности, расслаиваемости и вододерживающей способности на уровне значений состава цементно-известкового раствора при принятой подвижности 8 см, несмотря на более высокое водопотребление. С точки зрения снижения стоимости раствора наиболее выгодный – состав 3.

Важным свойством кладочных растворов является их жизнеспособность – свойство растворной смеси длительное время сохранять первоначальную подвижность.

С целью выяснения срока возможного применения растворной смеси оценивалось изменение подвижности растворных смесей с течением времени. Исследования проводились на цементно-известковом растворе и растворе с добавкой Пластик-БК в количестве 40 % от расчетной массы извести. Начальная подвижность принята равной 9 см. Изменение подвижности исследовалось на протяжении 14 часов. Определение подвижности растворных смесей проводили согласно требованиям ГОСТ 5802. На основании полученных данных построен график изменения подвижности растворных смесей с течением времени (рис. 3).

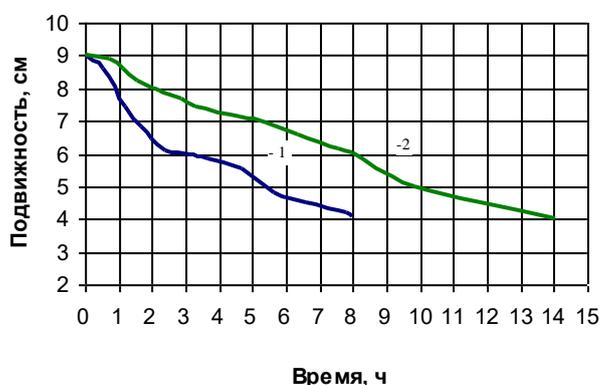


Рис. 3. Изменение подвижности растворных смесей с течением времени:
1 – цементно-известковый раствор; 2 – цементный раствор с добавкой Пластик-БК

Для цементно-известкового раствора подвижность достигла минимально допустимого значения 7 см (для кладки из пустотелого кирпича) через 1,5 часа после начала испытаний. Подвижность растворной смеси с Пластик-БК понизилась до 7 см только через 5 часов.

Анализ полученных результатов позволяет сделать вывод о том, что применение добавки Пластик-БК в цементных кладочных растворах позволяет увеличить время использования растворной смеси и сократить количество завозов раствора на объект в течение смены, что в свою очередь снижает затраты на транспортировку.

Согласно требованиям СНиП II-22 марка по морозостойкости кладочных растворов для наружных стен должна составлять не менее 50 циклов. Исходя из требований ГОСТ 5802 потеря прочности после 50 циклов попеременного замораживания и оттаивания должна составлять не более 25 %.

Испытания на морозостойкость показали, что изменений прочности растворов и потери массы не наблюдалось после 50 циклов. Через 55 циклов попеременного замораживания и оттаивания падение прочности растворов составило 5,5 %. При испытаниях после 60 циклов падение прочности колебалось в пределах 14 %. Осмотр поверхности после 65 циклов выявил на поверхности как контрольных, так и образцов с добавкой Пластик-БК шелушение; при этом значение падения прочности вплотную приблизилось к предельно допустимому и составило 23 %.

Полученные результаты по динамике падения прочности свидетельствуют о том, что величины падения прочности образцов с добавкой Пластик-БК находились на уровне показателей контрольного состава. Марка по морозостойкости кладочных цементных растворов с добавкой Пластик-БК идентична показателю цементно-известкового раствора и соответствует требованиям СНиП II-22.

В соответствии с требованиями ГОСТ 24992 проведены исследования по определению прочности сцепления с целью исследования степени адгезии растворов с керамическим кирпичом. В качестве контрольного принят состав 1 цементно-известкового раствора. Во втором составе вместо извести использовали Пластик-БК в количестве 40 % от необходимого расхода извести (состав 3). Прочность сцепления цементно-известкового раствора с керамическим кирпичом составила 0,10 МПа, а для раствора с добавкой Пластик-БК – 0,17 МПа, что свидетельствует о более высокой адгезии раствора с добавкой Пластик-БК.

Кроме того, при испытании образцов на цементно-известковом растворе разрушение происходило по границе контакта раствора с кирпичом (рис. 4), а в образцах на растворе с добавкой Пластик-БК разрушение происходило по растворному шву, т.е. носило когезионный характер (рис. 5), что также указывает на более высокую адгезионную способность раствора с добавкой Пластик-БК. Таким образом, применение раствора с добавкой Пластик-БК позволяет повысить монолитность кладки зданий.

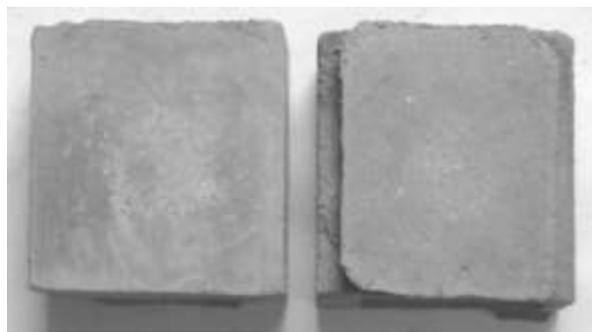


Рис. 4. Схема разрушения образца на цементно-известковом растворе



Рис. 5. Схема разрушения образца на цементном растворе, содержащем Пластик-БК

Дополнительно проведены исследования по изучению возможности применения материала Пластик-БК в качестве самостоятельного воздушного вяжущего в штукатурных растворах применяемых для внутренней отделки. В качестве контрольного принимался состав известкового штукатурного раствора при подвижности 8 см. В экспериментальных составах расход песка составлял 1550 кг. Материал Пластик-БК вводили в количестве от 35 до 100 % от массы извести, необходимой по расчету. В табл. 2 представлены результаты определения водоудерживающей способности штукатурных растворных смесей и прочности растворов.

При введении Пластик-БК в количестве 50 % от необходимого расхода извести контрольного состава показатель прочности превысил контрольный на 40 %, а водоудерживающая способность соответствовала контрольному значению. Несмотря на то, что при дозировке вяжущего Пластик-БК в количестве 100 % от массы извести увеличилась водопотребность смеси на 20 % при сохранении контрольной подвижности, произошло увеличение прочности раствора в 2 раза, при этом значение водоудерживающей способности превышало контрольный показатель.

Таблица 2

Основные показатели качества штукатурных растворов и растворов

№ состава	Расход вяжущего, кг		Прочность, МПа (28 сут)	Водоудерживающая способность, %
	известь	Пластик-БК		
1	192,1	–	0,5	98,4
2	–	67,2	0,4	98,0
3	–	96,05	0,7	98,4
4	–	144,08	0,9	98,7
5	–	192,1	1,0	99,0

Для сравнительной оценки качества оштукатуренной поверхности произведено оштукатуривание фрагментов кирпичной кладки в лабораторных условиях. Штукатурные составы наносились толщиной 10 мм за один раз.

При визуальном осмотре известкового раствора (рис. 6) и раствора на материале Пластик-БК (рис. 7) не наблюдалось усадочных трещин, при прикосновении лицевая поверхность растворов не осыпалась. Качество полученных штукатурных покрытий соответствовало требованиям СНиП 3.04.01-87.

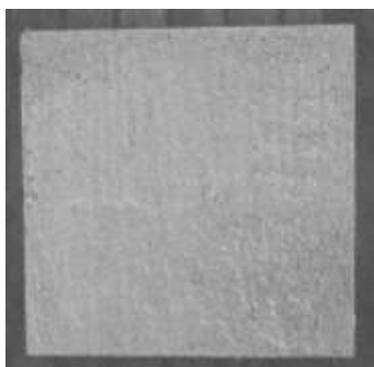


Рис. 6. Фрагмент поверхности, оштукатуренной известковым раствором

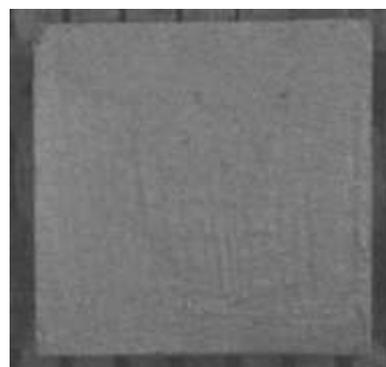


Рис. 7. Фрагмент поверхности, оштукатуренной раствором на материале Пластик-БК

Результаты проведенных испытаний растворов и растворов, содержащих материал Пластик-БК, подтверждают их соответствие требованиям СТБ 1307 и возможность применения в строительной практике.

Экономические расчеты показывают, что применение Пластик-БК в кладочных растворах позволяет снизить стоимость 1 м³ раствора на 15...20 %, а в штукатурных – на 25...30 %.

Применение материала Пластик-БК позволит исключить использование дорогостоящей извести в кладочных и штукатурных растворах, а также решить региональные экологические проблемы, связанные с утилизацией шлама водоочистки.

По результатам проведенных исследований подано две заявки на получение патентов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Попов К.Н. Материаловедение для каменщиков, монтажников. – М.: Высшая школа, 1991. – 256 с.
2. Онищик Л.И., Котов И.Т. Применение глиняного порошка грубого помола в растворах для каменной кладки взамен извести. – М.: Московский рабочий, 1952. – 6 с.
3. Арбузова Т.Б., Коренькова С.Ф., Брусенцов Г.Н. Использование местных материалов для повышения качества строительных растворов // Строительные материалы. – 1988. – № 4. – С. 20 – 21.
4. Чехов А.П., Сергеев А.М., Дибров Г.Д. Справочник по бетонам и растворам. – 3-е изд., перераб. и доп. – Киев: Будівельник, 1983. – 216 с.
5. Волженский А.В., Иванов И.А., Виноградов Б.Н. Применение зол и топливных шлаков в производстве строительных материалов. – М.: Стройиздат, 1984. – 255 с.
6. Громогласов А.А., Копылов А.С., Пильщиков А.П. Водоподготовка: процессы и аппараты / Под ред. О.И. Мартыновой. – М.: Энергоиздат, 1990. – 272 с.