

УДК 691.5.535

ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА КЛАДОЧНЫХ ЦЕМЕНТНО-ИЗВЕСТКОВЫХ РАСТВОРОВ С ЗАПОЛНИТЕЛЕМ ИЗ ШЛАМА ИЗВЕСТКОВАНИЯ

**А.С. КАТУЛЬСКАЯ; канд. техн. наук, доц. Ю.В. ВИШНЯКОВА;
канд. техн. наук, доц. Л.М. ПАРФЕНОВА
(Полоцкий государственный университет)**

Рассматривается проблема размещения отходов водоподготовки. Предложено использовать шлам известкования в качестве заполнителя в кладочных цементно-известковых растворах. Выполнены исследования по определению подвижности, водоудерживающей способности растворных смесей, а также прочности на сжатие, коэффициента теплопроводности, водопоглощения и прочности растворов в водонасыщенном состоянии.

Ключевые слова: *кладочные растворы, шлам известкования, заполнитель, жизнеспособность, водоудерживающая способность, прочность на сжатие.*

На крупных предприятиях теплоэнергетики, таких как ТЭЦ, значительное количество образующихся отходов представляют собой отходы водоподготовки [1] – недопал извести, шлам химводоочистки (ХВО), фильтрующие материалы. На большинстве этих мероприятий имеются находящиеся на балансе самого предприятия и согласованные с природоохранными органами места временного размещения данных видов отходов – шламоотвалы.

Шлам образуется на водоподготовительных установках при обработке воды, предназначенной для восполнения потерь пара конденсата, сетевой воды ТЭЦ и для потребителей. Качество очищенной воды, подаваемой в пароводяной цикл котлов, обеспечивает безаварийный режим их работы, что, в свою очередь, влияет на надежность и экономичность работы всей ТЭЦ.

Шламонакопители – одни из основных источников гидродинамического воздействия на окружающую среду, вызывают изменение уровня подземных вод, оказывая тем самым отрицательное влияние на селитебную зону.

Подотвальные воды загрязняют поверхностные водоемы, грунтовые воды и почвы токсичными элементами.

Вторичное пыление и газовыделение с поверхности шламонакопителя вызывают загрязнение токсичными соединениями не только атмосферы в районе размещения шламонакопителя, но и почвы вокруг них.

Рабочие площадки, включающие систему пульпопроводов для транспортировки шламов к шламонакопителям, также требуют отвода определенных земельных участков и загрязняют почву и грунтовые воды при повреждении труб и насосов [2].

Важным этапом является разработка мер по предупреждению, сокращению, компенсации и ликвидации потенциального ущерба окружающей природной среде от шламонакопителя. Решить данную задачу наиболее полно можно за счет применения шламов в качестве сырья самой материалоемкой отрасли народного хозяйства – строительной индустрии, разнообразие продукции которой позволяет найти рациональное направление утилизации практически каждого вида отходов данной группы [3].

Шламовые отходы образуются в результате химводоочистки и умягчения воды на ТЭЦ и являются одним из многотоннажных побочных продуктов энергетической отрасли промышленности [4]. Проблема утилизации шлама не решена до настоящего времени. Практически половина шлама водоподготовки образуется на территории Витебской области. Наиболее крупный производитель шлама – Новополоцкая ТЭЦ.

Перед поступлением в технологический цикл вода подвергается обязательной очистке [5]. Для питания котлоагрегатов теплоэлектростанций производят забор пресной речной воды, содержащей в растворенном состоянии небольшие количества бикарбонатов, хлоридов, сульфатов, силикатов и других элементов. С целью снижения жесткости воды производится химическая очистка путем добавления заранее приготовленного известкового молока. После того как начался процесс известкования, вода попадает в сакуратор. Далее из распределительной струи производится забор воды, после чего путем химического анализа в лаборатории определяют требуемое количество извести.

На следующем этапе очистки вода нагревается от 40 до 50 °С и происходит частичное смешивание с известью. Затем вода проходит через механические фильтры 1-й и 2-й ступени для умягчения и удаления примесей. Отфильтрованная вода поступает в дэаратор, температура внутри которого дном достигает 102...105 °С. В дэараторе происходит удаление кислорода из воды, после чего она попадает в паровые котлы, производящие до 20 т пара в час.

В процессе химводоочистки образуется осадок – шлам, представляющий собой вторичный отход. Чаще всего шлам водоочистки вывозится на полигон промышленных отходов или на полигон твердых бытовых отходов для изоляции слоев складываемых отходов. Однако в силу своего дисперсного и химического состава шлам ТЭЦ в перспективе может быть использован в различных технологических процессах.

Для углубления эффекта декарбонизации и удаления других примесей в обрабатываемую воду наряду с известью дозируется коагулянт – семиводный сульфат закиси железа (железный купорос).

Назначение коагуляции – удаление веществ, присутствующих в виде механических примесей, органических соединений, железа и кремния.

В присутствии извести происходит гидролиз железного купороса и дальнейшее окисление железа кислородом, растворяющимся при барботаже воздуха, и образуется гидроксид железа (III). Первоначально это коллоидная система, а затем хлопья за счет избыточной свободной энергии механически захватывают естественную взвесь и органические примеси, присутствующие в исходной воде.

Для получения заполнителя шлам, прошедший через вакуум-фильтры или осветлители на тепловых электроцентралях, высушивали в сушильном шкафу марки «SNOL 58/350» в течение 5 часов до постоянной массы при температуре 110 °С. Высушенный шлам в виде комьев охлаждали на воздухе в помещении лаборатории. Помол материала производили в барабанной лабораторной мельнице марки МБЛ и просеивали на механических ситах марки СМ. Максимальный размер частиц заполнителя варьировался пределах от 80 до 200 мкм. Готовый заполнитель хранили при относительной влажности воздуха в помещении 60±5%. Величину истинной плотности определяли по ГОСТ 8735[6], она составила 2170 кг/м³. Насыпная плотность 780 кг/м³ соответствует СТБ ЕН 1097-3 [7].

Основная часть. В проводимых исследованиях ставится задача получения заполнителя на основе шлама известкования, применение которого позволит получить цементно-известковые кладочные растворы, соответствующие требованиям СТБ 1307 [8].

Для установления возможности применения шлама в качестве заполнителя в цементно-известковых растворах проведены исследования прочности композиций на цементах ПЦ500 Д0 завода ОАО «Красносельскостройматериалы». В качестве контрольного принят состав цементно-известкового кладочного раствора марки М75 при подвижности 8 см с водоудерживающей способностью 97,3%. В экспериментальных составах вместо песка использовали шлам известкования в виде порошка. Шлам известкования разных фракций (не более 80, 100, 140 и 200 мкм) вводили в количестве 10% от массы песка, необходимой по расчету. Результаты определения прочности и водоудерживающей способности растворов смесей с порошком шлама представлены в таблице 1.

Таблица 1. – Зависимость прочности раствора от фракции шлама

Максимальный размер зерен, мкм	Прочность (7 сут), МПа	Прочность (28 сут), МПа	Водоудерживающая способность
80	3,9	6,5	97,4
100	4,0	6,8	97,8
140	4,5	7,7	97,9
200	4,4	7,3	97,5

Полученные результаты свидетельствуют о том, что при увеличении фракции шлама с 80 до 140 мкм происходит постепенное увеличение прочности с 6,5 до 7,7 МПа. Дальнейшее увеличение фракции шлама ведет к уменьшению прочности при фракции 200 мкм. При этом водоудерживающая способность превышает показатель контрольного состава, который составляет 97,3%.

Дальнейшие исследования проводились с использованием порошка шлама фракцией 140 мкм. Состав с добавкой шлама фракцией 140 мкм имеет водоудерживающую способность выше, чем у контрольного, при этом прочность значительно превышает значение контрольного состава.

С целью определения оптимальной дозировки и максимального размера зерен порошка шлама проведены исследования по определению основных показателей качества кладочных цементно-известковых растворов с заполнителем.

В экспериментальных составах расход цемента составлял 160 кг, соотношение цемента, извести и песка принято (1: 1,2: 9,6). Шлам вводили в количестве от 30 до 10% от массы песка, необходимым по расчету. Результаты исследований приведены в таблице 2. Дозировки добавки шлама приведены в таблице 2 по сухому веществу.

При введении шлама известкования в количестве 20, 25 и 30% от массы песка водоудерживающая способность ниже контрольного показателя, а при введении 10 и 15% этот показатель качества выше значения контрольного состава.

Анализ полученных результатов позволяет сделать вывод о том, что оптимальной является добавка порошка шлама с максимальным размером зерен 140 мкм в количестве 15% от расчетной массы песка (состав 3).

Таблица 2. – Основные показатели качества кладочных растворов смесей и растворов

№ состава	Расход компонентов, кг				В/Ц	Водоудерживающая способность, %	Прочность, МПа	
	цемент	известь	песок	шлам известкования			7 сут	28 сут
1	160	192	1536	–	2,3	97,3	4,6	7,6
2	160	192	1382	153 (10%)*	2,1	97,9	4,5	7,7
3	160	192	1305,6	230,4 (15%)	2,1	98,1	4,7	7,9
4	160	192	1228,8	307,2 (20%)	2,0	96,5	4,4	7,5
5	160	192	1152	384 (25%)	1,9	96,3	4,2	7,2
6	160	192	1075,2	460,8 (30%)	2,2	96,1	4,1	6,8

* – масса ввода порошка шлама известкования в процентах от массы песка, требуемого по расчету.

Теплопроводность кладочных растворов определяли на составах марки М 75.

Контрольным являлся цементно-известковый раствор. Для определения коэффициента теплопроводности использовались предварительно изготовленные из растворов смесей плитки размером 250×250×30 мм. Формовались на керамическом основании. Для предварительного сцепления раствора с кирпичом предварительно на поверхность укладывалась увлажненная промокательная бумага. После 28 суток набора прочности образцы высушивались в сушильном шкафу марки «SNOL 58/350» до постоянной массы при температуре 110 °С. После остывания плитки помещали в прибор для определения теплопроводности и проводили испытания.

Результаты исследований приведены в таблице 3.

Показатель плотности, коэффициент теплопроводности приведены для растворов в сухом состоянии.

Таблица 3. – Изменение плотности и коэффициента теплопроводности растворов в зависимости от расхода шлама

№ состава	Расход компонентов, кг				Плотность, кг/м ³	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·°С)
	цемент	известь	песок	шлам известкования		
1	160	192	1536	–	1860	0,47
2	160	192	1382	153, 6 (10%)*	1970	0,41
3	160	192	1305,6	230, 4 (15%)	1990	0,46

* – масса ввода порошка шлама известкования в процентах от массы песка, требуемого по расчету.

В экспериментальных составах плотность увеличилась относительно контрольного раствора на 110...130 кг/м³.

Увеличение плотности растворов обусловлено формированием оптимально плотной структуры, понижающей исходную пустотность системы.

Формирование более плотной структуры экспериментальных растворов ведет к уменьшению открытой пористости по сравнению с контрольным составом. Поэтому, несмотря на более высокую плотность эксплуатационных составов, коэффициент теплопроводности уменьшился на 12,8 и 2%, ниже значения контрольного состава.

В связи с необходимостью выявления эксплуатационных свойств кладочных растворов исследовалось водопоглощение и прочность растворов в водонасыщенном состоянии.

Водопоглощение и прочность в водонасыщенном состоянии определяли по ГОСТ 5802 [9] на растворах марки 75. За контрольный принят цементно-известковый раствор. Расход порошка шлама размером зерен не более 140 мкм варьировался в пределах от 10 до 30% от массы песка, требуемой по расчету. Полученные данные приведены в таблице 4.

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

Для выяснения возможного срока применения растворной смеси с заполнителем из порошка шлама известкования оценивалось изменение подвижности растворных смесей с течением времени. Исследования проводились на цементно-известковом растворе с заполнителем из порошка шлама известкования с максимальным размером зерен не более 140 мкм в количестве 10 и 15% от расчетной массы песка. Начальная подвижность принята равной 9 см. Исследование проводилось на протяжении 7 часов. Резкое падение подвижности контрольного состава происходило в течение 0,5 часа с 9 до 7,8 см. Подвижность цементно-известкового раствора с добавкой шлама в количестве 10% от массы песка значительно изменилась – в течение 0,5 часа с 9 до 7,9 см. При этом подвижность состава с добавкой шлама в количестве 15% от массы песка уменьшилась незначительно. Подвижность контрольного состава упала до 7 см через 2 часа, а экспериментальных составов с добавлением порошка шлама в количестве 10 и 15% от массы песка через 1 и 4,5 часа соответственно.

Таблица 4. – Изменение водопоглощения и прочности растворов в зависимости от расхода шлама

№ состава	Расход компонентов, кг				Водопоглощение, %		Прочность, МПа	
	цемент	известь	песок	шлам известкования	по массе	по объему	в сухом	в водонасыщенном состоянии
1	160	192	1536	–	7,48	13,07	4,6	4,3 (43%)**
2	160	192	1382	153 (10%)*	10,05	17,57	4,5	4,6 (40%)
3	160	192	1305,6	230,4 (15%)	7,55	14,46	4,7	5,0 (37%)
4	160	192	1228,8	307,2 (20%)	9,08	15,87	4,4	4,3 (43%)
5	160	192	1152	384 (25%)	10,57	17,88	4,2	3,7 (49%)
6	160	192	1075,2	460,8 (30%)	11,19	19,02	4,1	3,5 (49%)

* – масса ввода порошка шлама известкования в процентах от массы песка, требуемого по расчету; ** – разность между прочностями растворов в нормально-влажностных условиях и в водонасыщенном состоянии, выраженная в процентах

Анализ полученных результатов свидетельствует о том, что применение порошка шлама в цементно-известковых кладочных растворах, позволяет увеличить время использования растворной смеси.

В результате проведенных исследований можно сделать следующие **выводы**:

- 1) проведенные исследования указывают на возможность эффективного применения шлама известкования в кладочных растворах и растворных смесях;
- 2) анализ полученных результатов показал, что при увеличении дозировки порошка шлама от 20 до 30% от массы песка в составе кладочных растворов и смесей уменьшает их прочность;
- 3) наиболее оптимальной является дозировка порошка шлама в количестве 15% от массы песка, требуемой по расчету, так как этот состав обладает наибольшей теплопроводностью, а также имеет наибольшую жизнеспособность по сравнению с другими экспериментальными составами;
- 4) полученные положительные результаты исследований по прочности, водоудерживающей способности, водопоглощению, жизнеспособности подтверждают соответствие кладочных растворов, содержащих порошок шлама известкования, требованиям СТБ 1307 [8].

ЛИТЕРАТУРА

1. Найман, С.М. Количественная оценка шлама от химводоподготовки / С.М. Найман, Ч.Б. Лебедева // Вестн. технолог. ун-та. Т 18. – 2015. – № 17. – С. 98–103.

2. Касимов, А.М. Экологические и экономические инструменты сокращения ущерба окружающей среде со стороны накопителей промышленных отходов / А.М. Касимов, И.В. Гуренко, И.Н. Мацевитая // Экология и промышленность. – 2013. – № 1. – С. 79–83.
3. Николаева, Л.А. Ресурсосберегающая технология утилизации шлама водоподготовки на ТЭС / Л.А. Николаева, Е.Н. Бородай. – Казань : КГЭУ, 2012. – 110 с.
4. Медяник, Ю.В. Исследование свойств смешанных цементов с наполнителем из шламовых отходов теплоэлектростанций / Ю.В. Медяник // Изв. КГАСУ. – 2015. – № 2. – С. 249–255.
5. Исследование физико-химических свойств шлама водоочистки Белгородской ТЭЦ / С.В. Свергузова [и др.] // Вестн. Казан. технолог. ун-та. – 2014. – С. 164–166.
6. Песок для строительных работ. Методы испытаний : ГОСТ 8735-88. – Взамен ГОСТ 8735-75, ГОСТ 25589-83 ; введ. 01.07.1989. – М. : Изд-во стандартов, 1988. – 22 с.
7. Методы испытаний по определению механических и физических характеристик гранулометрических фракций горных пород. – Минск : Госстандарт, 1998. – Ч. 3 : Определение насыпной плотности и пустотности : СТБ ЕН 1097-3-2007 ; введ. 01.10.98. – 3 с.
8. Смеси растворные и растворы строительные. Технические условия : СТБ 1307-2012. – Минск : РУП «Стройтехнорм», 2012. – 22 с.
9. Растворы строительные. Методы испытаний : ГОСТ 5802-86 / Госстрой ССР. – М. : Стройиздат, 1986. – 22 с.

Поступила 10.06.2017

OPERATING PROPERTIES OF CEMENT-LIME MASONRY MORTARS WITH AGGREGATE OF LIMING SLUDGE

A. KATULSKAYA, Y. VISHNYAKOVA, L. PARFIONOVA

The problem of water treatment waste disposal is considered. It is proposed to use liming sludge as a filler in mortar lime mortar. Studies have been carried out to determine the mobility, water-retaining capacity of mortar mixtures, as well as compressive strength, thermal conductivity, water absorption and strength of solutions in the water-saturated state.

Keywords: masonry mortars, sludge liming, aggregate, vitality, water retention ability, compressive strength.