

УДК 691.5

Медяник Ю.В. – кандидат технических наук, доцент

E-mail: julia-707@mail.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Свойства штукатурных растворов с добавкой-наполнителем из шламовых отходов теплоэлектростанций

Аннотация

В статье приведены результаты исследования физико-технических свойств штукатурных растворов с добавкой-наполнителем из шламовых отходов теплоэлектростанций. Показано, что растворы на смешанных вяжущих отличаются более высокими значениями ранней прочности по сравнению с растворами на товарных портландцементных, имеют достаточные показатели прочности, морозостойкости и могут быть рекомендованы к применению как для внутренних, так и для наружных отделочных работ.

Ключевые слова: смешанные цементы, штукатурные растворы, тонкомолотые добавки-наполнители, шлам водоумягчения.

До 20 % общего объема потребления портландцемента приходится на долю строительных растворов. В тех случаях, когда к растворам не предъявляются повышенных требований по прочности и плотности, использование при их приготовлении портландцементов высоких марок является нецелесообразным и приводит к существенному перерасходу вяжущего. В связи с этим актуальной является задача разработки составов и исследования свойств низкомарочных растворов.

Одним из способов, позволяющих снизить необоснованный расход цемента при изготовлении строительных растворов, является применение в их составах смешанных цементов с минеральными добавками-наполнителями [1]. В производстве смешанных цементов нашли широкое применение такие тонкомолотые местные природные материалы, как кварцевые пески, трепел, опоки, цеолитсодержащие, карбонатные породы. Их введение позволяет не только снизить расход цемента, но и регулировать физико-механические свойства смешанных вяжущих и влиять на процессы структурообразования цементного камня [2-4]. Строительные растворы, приготовленные на смешанных цементах, обладают повышенной технологичностью при производстве работ, что обусловлено хорошей удобоукладываемостью, пластичностью, водоудерживающей способностью таких смесей.

Особое место среди минеральных наполнителей в качестве одного из компонентов смешанных цементов занимают природные карбонатные породы и карбонатсодержащие тонкомолотые добавки. Исследованиями ряда ученых установлено, что характер их влияния на формирование механически прочного конгломерата обусловлен как химическими, так и физико-химическими процессами, протекающими в системе [4-6], что позволяет их использовать для направленного регулирования свойств цементных композиций. Механизм образования эпитаксиальных связей между частицами известняка и гелевидной фазой твердеющего цемента был описан еще в 60-е годы прошлого столетия в научных трудах Пантелеева А.С., Колбасова В.М., Будникова П.П. Однако применение в качестве сырья для получения добавок-наполнителей природных карбонатных пород требует дополнительных расходов на разведку месторождений, добычу, транспортирование и помол. Существенной проблемой может являться также большая неоднородность природного сырья по минералогическому составу в пределах одного месторождения [7].

Одним из способов экономии портландцемента при производстве смешанных вяжущих для строительных растворов является применение тонкодисперсных шламовых отходов теплоэлектростанций [8, 9]. Шламовые осадки образуются на ТЭЦ в процессе химводоочистки и умягчения воды, хранятся в специальных шламонакопителях или полигонах промышленных отходов и не находят дальнейшего применения. Проблема

утилизации шлама водоумягчения до настоящего времени остается не решенной в большинстве регионов России, в том числе, и в Республике Татарстан.

Химический состав шлама представлен преимущественно карбонатом кальция (до 80 %) и отличается стабильностью. По результатам исследования эффективной активности природных радионуклидов шлам относится к первому классу строительных материалов, то есть радиационно безопасен и пригоден для всех видов строительства без ограничений. При этом потенциальные возможности его применения в качестве альтернативы природному минеральному сырью в полной мере не используются.

Целью данной работы является разработка составов и изучение основных свойств штукатурных растворов, получаемых на основе смешанных цементов с карбонатным наполнителем из шлама водоумягчения.

Для проведения исследования применяли портландцементы марки ПЦ 400-Д20 Ульяновского завода (C_3S – 59 %, C_2S – 18,1 %, C_3A – 7,6 %, C_4AF – 13,1 %) и Мордовского завода (C_3S – 62 %, C_2S – 19 %, C_3A – 6 %, C_4AF – 12 %). Для приготовления минеральной добавки-наполнителя использовали шлам водоумягчения Казанской ТЭЦ-1. Технологический процесс получения добавки-наполнителя из шлама водоумягчения включал сушку исходного сырья, просеивание, помол до остатка 25 % на сите № 008. В качестве химической добавки применяли суперпластификатор С-3 в твердофазном состоянии. Смешанное вяжущее получали путем перемешивания добавки-наполнителя, товарного портландцемента и суперпластификатора С-3.

В качестве мелкого заполнителя для приготовления штукатурных смесей применяли полевошпаткварцевый песок-отсев песчано-гравийной смеси Камско-Устьинского месторождения, подготовленный в соответствии с требованиями к заполнителям для штукатурных растворов. Характеристики заполнителя: насыпная плотность – 1390 кг/м³, истинная плотность – 2450 кг/м³, пустотность – 43,3 %, содержание пылевидных и глинистых частиц – 4,5 %, органические примеси – в норме, модуль крупности – 1,76.

Применяли следующую технологию приготовления штукатурных смесей: пески-отсевы ПГС отмывали от глинисто-илистых примесей и высушивали до остаточной влажности не более 0,5 %, отсеивали частицы крупнее 2,5 мм для приготовления штукатурных смесей для обрызга, грунта и 1,25 мм – для накрывочного слоя. Подготовленные заполнители в нужном соотношении смешивали с вяжущим и готовили растворные смеси подвижностью 8 см, из которых формовали стандартные образцы размером 70,7x70,7x70,7 мм. До испытания на прочность образцы хранились в течение первых трех суток в камере нормального хранения при относительной влажности воздуха 95-100 %, затем – в воде.

Определение подвижности, водоудерживающей способности, средней плотности штукатурных растворных смесей, а также прочности при сжатии, плотности и морозостойкости затвердевших растворов осуществлялось по ГОСТ 5802. Прочность сцепления штукатурки с основанием определялась согласно ТУ 5745-001-46561502-01.

Результаты исследования физико-технических свойств штукатурных растворов приведены в табл. 1, 2 (составы с максимальной крупностью заполнителя 1,25 мм).

Анализ результатов показывает, что штукатурные растворы, приготовленные на смешанном вяжущем с содержанием шлама в количестве 10 % (сост. 2), не уступают по прочностным показателям смесям на товарном портландцементе (сост. 1) и позволяют получить затвердевший раствор М 100 при соотношении вяжущее: заполнитель = 1 : 3. Штукатурные смеси, приготовленные на смешанных вяжущих с содержанием шлама 20 и 35 %, позволяют получить строительные растворы М 50-100 (сост. 3-7). По значениям средней плотности полученные растворы относятся к классу тяжелых. Прочность сцепления с основанием штукатурных растворов на смешанном вяжущем превышает 0,4 МПа, что позволяет рекомендовать их для наружных отделочных работ. Усадочные деформации для контрольных цементно-песчаных растворов составили 1,5 мм/м, для растворов на смешанных вяжущих – 0,6-1,1 мм/м.

Таблица 1

**Физико-технические свойства штукатурных растворов
(на основе портландцемента Ульяновского завода)**

| № состава | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|------|------|------|------|-------|-------|------|
| Цемент, % | 100 | 90 | 80 | 80 | 65 | 65 | 65 |
| Шлам, % | - | 10 | 20 | 20 | 35 | 35 | 35 |
| С-3, % | - | 0,2 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 |
| Вязущее: наполнитель | 1:3 | 1:3 | 1:3 | 1:2 | 1:2,5 | 1:1,5 | 1:1 |
| В/В | 0,95 | 1,0 | 1,07 | 0,74 | 1,09 | 0,78 | 0,59 |
| Плотность растворной смеси, г/см ³ | 2,11 | 1,98 | 2,05 | 2,09 | 2,03 | 2,07 | 2,09 |
| Прочность при сжатии через 28 суток, МПа | 11,8 | 11,9 | 7,6 | 11,2 | 5,8 | 7,6 | 12,6 |
| Прочность сцепления с основанием, МПа | 0,44 | 0,49 | 0,43 | 0,48 | 0,43 | 0,4 | 0,48 |
| Плотность раствора, г/см ³ | 2,06 | 2,07 | 2,05 | 2,08 | 2,03 | 2,05 | 2,08 |
| Водоудерживающая способность, % | 95,5 | 96,9 | 96,6 | 97,1 | 96,8 | 97,0 | 97,5 |

Таблица 2

**Физико-технические свойства штукатурных растворов
(на основе портландцемента Мордовского завода)**

| № состава | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|------|------|------|------|-------|-------|------|
| Цемент, % | 100 | 90 | 80 | 80 | 65 | 65 | 65 |
| Шлам, % | - | 10 | 20 | 20 | 35 | 35 | 35 |
| С-3, % | - | 0,2 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 |
| Вязущее: наполнитель | 1:3 | 1:3 | 1:3 | 1:2 | 1:2,5 | 1:1,5 | 1:1 |
| В/В | 1,01 | 1,02 | 1,07 | 0,78 | 1,1 | 0,8 | 0,63 |
| Плотность растворной смеси, г/см ³ | 2,07 | 2,04 | 2,07 | 2,08 | 2,03 | 2,04 | 2,03 |
| Прочность при сжатии через 28 суток, МПа | 11,2 | 10,6 | 7,6 | 11,7 | 5,4 | 7,6 | 10,3 |
| Прочность сцепления с основанием, МПа | 0,44 | 0,48 | 0,43 | 0,45 | 0,43 | 0,43 | 0,49 |
| Плотность раствора, г/см ³ | 2,07 | 2,06 | 2,03 | 2,09 | 2,05 | 2,04 | 2,09 |
| Водоудерживающая способность, % | 96,8 | 97,4 | 97,1 | 97,3 | 97,1 | 97,3 | 97,4 |

Водоудерживающая способность (ВУС) штукатурных смесей, приготовленных из смешанных вяжущих, превышает ВУС смесей на товарном портландцементе. Хорошие значения ВУС полученных смесей даже при значительном снижении доли портландцемента (сост. 5-6) объясняются способностью шлама водоумягчения удерживать воду в растворе, что является важным в технологии производства штукатурных работ.

Было проведено также исследование ранней прочности штукатурных растворов, приготовленных на смешанном вяжущем. В качестве наполнителя использовался песок-отсев ПГС Камско-Устьинского месторождения с максимальной крупностью частиц 1,25 мм. Полученные результаты приведены в табл. 3.

Таблица 3

Исследование ранней прочности штукатурных растворов

| № сост. | Состав вяжущего, % | | | Соотношение вяжущее: наполнитель | Прочность в возрасте 7 сут., МПа Отношение $R_{сж\ 7\ сут} / R_{сж\ 28\ сут}$, % | |
|---------|--------------------|------|-----|----------------------------------|--|---------------------|
| | Цемент | Шлам | С-3 | | Ульяновский цемент | Мордовский цемент |
| 1. | 100 | - | - | 1:3 | $\frac{8,08}{68,5}$ | $\frac{5,85}{52,2}$ |
| 2. | 90 | 10 | 0,2 | 1:3 | $\frac{9,5}{79,8}$ | $\frac{6,16}{58,1}$ |
| 3. | 80 | 20 | 0,7 | 1:3 | $\frac{6,1}{80,3}$ | $\frac{3,74}{49,2}$ |
| 4. | 80 | 20 | 0,7 | 1:2 | $\frac{9,35}{83,5}$ | $\frac{6,08}{52,0}$ |
| 5. | 65 | 35 | 0,7 | 1:2,5 | $\frac{4,04}{69,7}$ | $\frac{2,82}{52,2}$ |

Исследование показало, что штукатурные растворы, приготовленные на товарных портландцементе Ульяновского и Мордовского заводов (сост. 1), в возрасте 7 суток набирают, соответственно, 68,5 и 52,2 % от прочности в стандартном возрасте. Растворы на смешанных вяжущих с наполнителем из шлама водоумягчения (сост. 2-5) по показателям ранней прочности не уступают растворам на товарных цементах, даже при уменьшении доли цемента на 35 %. Высокие значения ранней прочности наполненных шламом образцов можно объяснить пептизирующим действием, которое оказывают частицы дисперсного наполнителя, способствуя ускорению процессов гидратации портландцемента [10]. Частицы наполнителя могут также выступать в роли центров кристаллизации новообразований, улучшая физико-механические показатели наполненных композиций [11].

Необходимо отметить также, что образцы, приготовленные на Ульяновском портландцементе, показали большие значения ранней прочности по сравнению с образцами на основе Мордовского цемента. Полученный результат объясняется более высоким содержанием C_3A в Ульяновском портландцементе по сравнению с Мордовским, что способствует интенсивному отвердеванию алюминатных составляющих портландцементного клинкера в присутствии тонкодисперсного карбоната кальция [6, 11].

Важным показателем долговечности штукатурных растворов для наружных работ является их морозостойкость. Результаты определения морозостойкости образцов, приготовленных на смешанных вяжущих, приведены в табл. 4.

Таблица 4

**Результаты испытаний штукатурных растворов на морозостойкость
(на основе портландцемента Ульяновского завода)**

| № сост. | Состав вяжущего, % | | | В/В | Вяжущее: заполнитель | $R_{сж. 28}$ МПа | Прочность основных образцов, МПа | | | | Марка по морозостойкости |
|---------|--------------------|------|-----|------|-------------------------|------------------|--|--------------------|---------------------|--------------------|-----------------------------|
| | Цемент | Шлам | С-3 | | | | Потеря прочности, %, после количества циклов | | | | |
| | | | | | | | после 35 | после 50 | после 75 | после 100 | |
| 1 | 90 | 10 | 0,2 | 0,95 | 1:3 | 12,9 | - | $\frac{12,6}{2,3}$ | $\frac{11,6}{10,1}$ | $\frac{9,5}{26,3}$ | F 75 |
| 2 | 80 | 20 | 0,7 | 1,02 | 1:3 | 7,9 | $\frac{7,8}{1,26}$ | $\frac{7,0}{11,4}$ | $\frac{5,9}{25,3}$ | - | F 50 |
| 3 | 65 | 35 | 0,7 | 0,96 | $\frac{1:2}{5}$ | 6,4 | $\frac{6,2}{3,1}$ | $\frac{5,4}{15,6}$ | $\frac{4,6}{29,6}$ | - | F 50 |

Выполненные исследования показали возможность получения строительных растворов из смешанных вяжущих на основе цемента с добавкой-наполнителем из шлама водоумягчения Казанской ТЭЦ-1, имеющих показатели прочности в пределах М 50-100, морозостойкости F 50-75 и отличающихся повышенными показателями ранней прочности. Разработанные составы могут быть рекомендованы для производства как внутренних, так и наружных штукатурных работ.

Список библиографических ссылок

1. Радаев С.С., Кудоманов М.В., Горгодзе Г.А. Эффективность использования комплексных добавок и смешанного вяжущего в производстве штукатурных смесей // Вестник Тюменского государственного университета. Экология и природопользование, 2014, № 5. – С. 154-160.
2. Медяник Ю.В. Исследование свойств смешанных цементов с наполнителем из шламовых отходов теплоэлектростанций // Известия КГАСУ, 2015, № 2 (32). – С. 249-255.
3. Коновалов В.М., Гликин Д.М., Соломатова С.С. Использование аргиллитов в производстве смешанных цементов // Современные проблемы науки и образования, 2015, № 2-2. – С. 96.
4. Барабаш И.В., Даниленко А.В. Строительные растворы на механоактивированном вяжущем с карбонатным наполнителем // Вестник гражданских инженеров, 2014, № 1 (42). – С. 74-78.
5. Михеенков М.А., Мамаев С.А., Анашкин И.С. Влияние карбонатного наполнителя на свойства бетонов // Технологии бетонов, 2011, № 11-12. – С. 41-45.
6. Медяник Ю.В. Исследование характера новообразований цементного камня при твердении в присутствии карбонатсодержащего наполнителя // Известия КГАСУ, 2013, № 4 (26). – С. 233-239.

7. Черепов В.Д., Коршунова Н.П. Бетон на основе низкопрочных карбонатных пород // *Современные проблемы науки и образования*, 2013, № 2. – С. 147.
8. Бакатович А.А., Вишнякова Ю.В., Колтунов А.И. К вопросу о применении мелкодисперсного наполнителя в штукатурных растворах // *Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F: Строительство. Прикладные науки*, 2013, № 16. – С. 61-67.
9. Тараканов О.В., Пронина Т.В., Тараканов А.О. Применение минеральных шламов в производстве строительных растворов // *Строительные материалы*, 2008, № 4. – С. 68-70.
10. Рояк С.М., Рояк Г.С. Специальные цементы. – М.: Стройиздат, 1993. – 416 с.
11. Будников П.П., Колбасов В.М., Пантелеев А.С. О гидратации алюмосодержащих минералов портландцемента в присутствии карбонатных наполнителей // *Цемент*, 1961, № 1. – С. 5-9.

Medyanik Y.V. – candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: julia-707@mail.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Properties of plaster solutions with sludge waste additives from thermal power plants

Resume

The use of fine-dispersed mineral filling in the compositions of mortars is not only effective way of saving Portland cement, but also allows to adjust the physical and technical properties of mortars. The article presents the results of the study of the basic properties of plaster solutions with sludge waste additives from thermal power plants: strength, density mortar and hardened mortar, water retention, adhesion to the base, frost-resistance. It was found that the use of this additive in the amount of 10-35 % allows to obtain plasters of M 50-100, which have sufficient strength and frost resistance and can be recommended for interior and exterior use. The obtained solutions according to the indicators of early strength is not inferior to solutions on commodity cements, even when reducing the amount of cement by 35 %.

Keywords: mixed cements, plasters, milled filler additives, sludge water softening.

Reference list

1. Radayev S.S., Kudomanov M.V., Gorgodze G.A. The effectiveness of the use of complex additives and mixed binder in the production of plaster mixtures // *Vestnik Tyumenskogo gosudarstvennogo universiteta. Ecology and prirodopolzovanye*, 2014, № 5. – P. 154-160.
2. Medyanik Y.V. Study of the properties of mixed cements filled with sludge waste from thermal power plants // *Izvestiya KGASU*, 2015, № 2 (32). – P. 249-255.
3. Konovalov V.M., Glikin D.M., Solomatova S.S. Use of argillites in production of blended cements // *Sovremennye problemy nauki i obrazovanya*, 2015, № 2-2. – P. 96.
4. Barabash I.V., Danilenko A.V. Mortars mechanically activated on binder with carbonate filler // *Vestnik grajdanskih injenerov*, 2014, № 1 (42). – P. 74-78.
5. Myheenkov M.A., Mamaev S.A., Anyskyn Y.S. Effect of carbonate filler on the properties of concrete // *Tekhnology betonov*, 2011, № 11-12. – P. 41-45.
6. Medyanik Y.V. The study of character of cement stone neoplasms during the hardening in the presence of carbonate filler // *Izvestiya KGASU*, 2013, № 4 (26). – P. 233-239.
7. Cherepov V.D., Korshunova N.P. Based carbonate rocks concrete investigation // *Sovremennye problemy nauki i obrazovanya*, 2013, № 2. – P. 147.
8. Bakatovich A.A., Vishniakova J.V., Koltunov A.E. To the question of the application of fine-dispersed filling agent in finishing mortars // *Vestnik Poloskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya F: Stroitelstvo. Prikladnye nauki*, 2013, № 16. – P. 61-67.
9. Tarakanov O.V., Pronina T.V., Tarakanov A.O. Using of mineral sludge in production of mortars // *Stroitelnye materialy*, 2008, № 4. – P. 68-70.
10. Rojak S.M., Rojak G.S. Special cements. – М.: Stroyizdat, 1993. – 416 p.
11. Budnikov P.P., Kolbasov V.M., Panteleev A.S. On the aluminum-containing minerals hydration of Portland cement in the presence of carbonate fillers // *Cement*, 1961, № 1. – P. 5-9.