

УДК 691. 263. 5

## ВЛИЯНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ МОДИФИКАТОРОВ НА СВОЙСТВА ГИПСОВЫХ ВЯЖУЩИХ

*А.С. КАТУЛЬСКАЯ, канд. техн. наук, доц. Л.М. ПАРФЁНОВА  
(Полоцкий государственный университет)*

*Представлены результаты исследования физико-механических свойств гипсовых вяжущих модифицированных комплексными добавками с использованием шлама водоподготовки Новополоцкой ТЭЦ, муки доломитовой и пластифицирующих добавок. Показано, что модификация гипсовых вяжущих позволяет регулировать сроки схватывания, нормальную густоту гипсового теста, способствует увеличению прочности и водостойкости гипсового камня.*

**Ключевые слова:** *шлам водоподготовки, мука доломитовая, комплексный модификатор, пластификатор, прочность на сжатие, прочность на изгиб, водопоглощение, общая пористость.*

Современные требования к строительным материалам связаны с обеспечением высоких значений физико-механических характеристик и экологической чистотой. Ресурсосберегающие технологии предусматривают максимальное использование сырья местного производства и отходов промышленных предприятий. Большой объём строительных материалов и изделий в гражданском строительстве выпускаются на основе гипса. Гипс отличается своими экономическими и технологическими преимуществами. Одним из недостатков материалов на основе гипсовых вяжущих является ограничение области их применения в следствие низкой водостойкости гипса. Повышение водостойкости может быть достигнуто путём введения в состав гипсовых вяжущих комплексных модификаторов их свойств, которые вступая в химическое взаимодействие между собой и гипсовым вяжущим, образуют при этом водостойкие и твердеющие продукты [1 – 3].

Установлено [4], что водостойкость гипсовых изделий зависит от микропористости гипсовых вяжущих. При увлажнении свыше 60% происходит падение прочности материалов и изделий на основе гипсовых вяжущих. В работе [4] это объясняется расклинивающим действием воды, проникающей в межкристаллические полости. Также отмечается, что на водостойкость гипсового камня значительное влияние оказывает объём его пористости и характеристика размеров пор. Показано, что введение суперпластификатора С – 3 в состав гипсовых вяжущих позволяет значительно снизить микропористость и повысить водостойкость.

С целью модификации физико-механических свойств гипсового вяжущего в исследованиях [5] в качестве модификатора использовался шлам водоподготовки. Определялась возможность применения шлама водоподготовки как наполнителя вяжущего в присутствии химической добавки суперпластификатора. Было установлено [5], что введение пластифицирующей добавки позволяет замедлить сроки схватывания гипсового теста, а также повысить показатели прочности и водостойкости гипсового камня.

Установлено [6], что шлам водоподготовки ТЭЦ может быть также рекомендован в качестве сырья при производстве гипсовых вяжущих веществ из-за содержания в большом количестве соединений на основе кальция. Для повышения реакционной способности шлама перед химической нейтрализацией в работе [6] рекомендуется проводить механоактивацию осадка шламонакопителей путём его помола в шаровой мельнице. Отмечается, что при механоактивации происходит процесс усреднения частиц шлама по зерновому составу, что позволяет исключить стадию разделения частиц шлама по размерам, так как от степени дисперсности зависит кинетика и эффективность реакций нейтрализации.

Шламы составляют особую группу минеральных наполнителей, которые функционально предназначены для регулирования сорбционных процессов в водовяжущих суспензиях, что связано с химическим составом и размерами частиц. Согласно исследованиям [7], радиус рассеивающих структур в шламах составляет от 40 до 50 нм, что позволяет отнести технологию образования шламов к нанопроцессам, а сами шламы – к нанодисперсным материалам техногенного происхождения.

Близок по химическому составу к шламам водоподготовки доломит, который содержит в своём химическом составе до 95% карбоната кальция. В работе [8] был предложен способ получения гипсовых вяжущих на основе доломита и серной кислоты методами термической и химической дегидратации синтетического гипса. Установлено, что прочность на сжатие полученного гипсового вяжущего находится в пределах от 8 до 20 МПа.

В проведённых исследованиях ставится задача изучения влияния на гипсовое вяжущее комплексных модификаторов на основе шлама водоподготовки и муки доломитовой, а также их сочетания с пластифицирующими добавками.

Для проведения экспериментальных исследований гипсовых композиций использовался гипс строительный «Тайфун Мастер» № 35 марки Г– 5 III А производства ООО «Тайфун», который соответствует по своим характеристикам ГОСТ 125 [9]. В качестве химической добавки использовался суперпластификатор «Стахемент 2000М Ж30», массовая доля сухих веществ в суперпластификаторе составляет 30%. Показатель концентрации водородных ионов (pH) составляет 6. В качестве химической добавки также использовалась акриловая эмульсия «Acrylic 1200», массовая доля сухих веществ в суперпластификаторе составляет 49 – 51%. Показатель концентрации водородных ионов (pH) составляет 7 – 8,5. Суперпластификатор и акриловая эмульсия в количестве 0,1% от массы гипса в жидком виде вводились в воду затворения и перемешивались до полного растворения.

Для модифицирования свойств гипсового вяжущего было принято использовать муку доломитовую производства ОАО «Доломит», которая соответствует по своим характеристикам ГОСТ 14050 [10]. Мука доломитовая вводилась в количестве 5% от массы гипсового вяжущего. В качестве модификатора так же было принято использовать шлам водоподготовки Новополоцкой ТЭЦ в количестве 5% от массы вяжущего вещества. Для проведения исследований шлам высушивали в сушильном шкафу марки «SNOL 58/350» в течение 5 часов до постоянной массы при температуре 110 °С. Высушенный шлам после охлаждения размалывали и просеивали на механических ситах марки СМ. Использовалась фракция шлама, прошедшая через сито № 008. Величину истинной плотности шлама водоподготовки определяли по ГОСТ 8735 [11] и она составила 2170 кг/м<sup>3</sup>. Насыпная плотность соответствует СТБ ЕН 1097-3 [12] и составляла 780 кг/м<sup>3</sup>. Шлам водоподготовки вводили в количестве 5% от массы вяжущего вещества.

Определение физико-механических характеристик модифицированного гипсового вяжущего проводилось на образцах балочек 40x40x160 мм. Испытание образцов проводилось через 2 часа после формирования в соответствии с ГОСТ 23789 [9] на прессе гидравлическом марки ПГМ – 1000 МГ 4А. Результаты проведенных исследований по определению физических свойств гипсовых вяжущих представлены в таблице 1.

Таблица 1. – Физические свойства модифицированного гипсового вяжущего

Номер состава	Состав	Нормальная густота, %	Сроки схватывания, мин		Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Водопоглощение, %	Общая пористость, %
			начало	конец			
1	Без модификатора (контрольный)	50	6	15	1766	6,6	11,6
2	5% шлам	50	8	15	1695	3,8	6,4
3	5% мука доломитовая	50	9	17	1715	4,0	6,9
4	5% шлам + 0,1% «Стахемент 2000М Ж30»	48	10	20	1711	4,6	7,9
5	5% мука доломитовая + 0,1% «Стахемент 2000М Ж30»	48	10	17	1633	4,7	7,7
6	5% шлам + 0,1% «Acrylic 1200»	48	6	10	1684	4,1	6,9
7	5% мука доломитовая + 0,1% «Acrylic 1200»	50	4	9	1658	4,9	8,1

Анализ полученных данных позволяет установить, что введение шлама водоподготовки и доломита в количестве 5% от массы гипсового вяжущего приводит к снижению показателя водопоглощения на 2,8 и 2,6% соответственно. Комплексное введение шлама водоподготовки и муки доломитовой в сочетании с суперпластификатором «Стахемент 2000М Ж30» приводит к снижению показателя водопоглощения до 2%. При введении модифицирующих добавок в сочетании с акриловой эмульсией «Acrylic 1200» водопоглощение снижается до 2,5%.

Установлено, что введение модифицирующих добавок оказывает влияние на регулирование сроков схватывания гипсового вяжущего. При введении в состав гипсового вяжущего шлама водоподготовки (состав 2) начало сроков схватывания увеличивается на 2 минуты. При введении муки доломитовой (состав 3) начало и конец сроков схватывания увеличился на 3 и 2 минуты соответственно по сравнению с контрольным составом. Комплексное использование шлама водоподготовки и суперпластификатора «Стахемент 2000М Ж30» позволяет увеличить начало сроков схватывания на 4 минуты, а конец – на 5 минут. В составах 5 и 6 при введении в состав гипсового вяжущего акриловой эмульсии «Acrylic 1200» наблюдается снижение сроков схватывания.

Введение техногенного наполнителя в виде шлама водоподготовки (состав 2), позволяет снизить общую пористость образцов до 5,2%. В составах 3 и 6 наблюдается снижение общей пористости на 4,7%.

Результаты исследований по определению влияния модифицирующих добавок на механические свойства гипсового вяжущего представлены в таблице 2.

Таблица 2. – Механические свойства модифицированного гипсового вяжущего

Номер состава	Состав	Прочность, МПа (%)	
		на изгиб	на сжатие
1	Без модификатора (контрольный)	2,9 (100)	5,2 (100)
2	5% шлам	3,3 (113,8)	7,7 (148,1)
3	5% мука доломитовая	4,7 (162,1)	9,6 (184,6)
4	5% шлам + 0,1% «Стахемент 2000М Ж30»	4,6 (158,6)	8,5 (163,5)
5	5% мука доломитовая + 0,1% «Стахемент 2000М Ж30»	4,2 (144,8)	8,7 (167,3)
6	5% шлам + 0,1% «Acrylic 1200»	4,2 (144,8)	9,3 (178,8)
7	5% мука доломитовая + 0,1% «Acrylic 1200»	4,2 (144,8)	8,6 (165,4)

Анализ полученных результатов позволяет установить, что введение шлама водоподготовки в бездобавочный состав (состав 2) приводит к увеличению прочности на изгиб на 13,8%, прочности на сжатие – на 48,1%. Добавка муки доломитовой (состав 3) в состав гипсового вяжущего приводит к увеличению прочности на сжатие и на изгиб на 84,1 и 62,1% соответственно. Комплексная добавка муки доломитовой и суперпластификатора (состав 5), шлама водоподготовки и акриловой эмульсии (состав 6), а также муки доломитовой и акриловой эмульсии (состав 7) приводит к увеличению прочности на изгиб на 44,8%, при этом прочность на сжатие увеличивается на 67,3; 78,8; 65,4% соответственно. При введении шлама водоподготовки совместно со «Стахемент 2000М Ж30» прочность на изгиб увеличивается на 58,6% и прочность на сжатие – на 63,5%.

Использование в качестве модифицирующих добавок шлама водоподготовки Новополоцкой ТЭЦ, муки доломитовой, а также их применение в комплексе с пластифицирующими добавками позволяет регулировать сроки схватывания гипсового теста. При введении однокомпонентных добавок водопоглощение гипсового камня снижается, таким образом увеличивается водостойкость. Наибольшей прочностью характеризуются образцы с добавкой муки доломитовой в количестве 5% от массы гипсового вяжущего.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Медяник, Ю.В. Исследование свойств смешанных цементов с наполнителем из шламовых отходов теплоэлектростанций / Ю.В. Медяник // Изв. КГАСУ. – 2015. – № 2. – С. 249–255.
2. Николаева, Л.А. Ресурсосберегающая технология утилизации шлама водоподготовки на ТЭС / Л.А. Николаева, Е.Н. Бородай – Казань : КГЭУ, 2012. – 110 с.
3. Коровяков, В.Ф. Модифицирование свойств гипсовых вяжущих органоминеральным модификатором / В.Ф. Коровяков // Материалы. Сухие строительные смеси. – № 3. – 2013. – С. 15–17.
4. Физико-механическая структура и свойства водостойких и высокопрочных композиционных гипсовых вяжущих / Н.А. Самигов [и др.] // Universum: Технические науки : электрон. науч. журн. – № 10 (21). – 2015. – С. 1–12.
5. Валеев, Р.Ш. Способ применения шламовых отходов водоподготовки в строительных материалах с использованием суперпластификатора MELFLUX 1641F / Р.Ш. Валеев, И.Г. Шайхиев // Вестн. Казан. технол. ун-та. – 2012. – С. 111–113.
6. Платонов, А.П. Дорожные строительные и лакокрасочные материалы / А.П. Платонов – Витебск : УО «ВГТУ», 2012. – 100 с.
7. Медяник, Ю.В. Исследование свойств смешанных цементов с наполнителем из шламовых отходов теплоэлектростанций / Ю.В. Медяник // Изв. КГАСУ. – 2015. – № 2. – С. 249–255.
8. Кузьменков, Д.М. Получение из доломита синтетического гипса и конверсия его на гипсовые вяжущие: автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.17.11 / Д.М. Кузьменков ; Белорус. гос. технол. ун-т. – Минск, 2014. – 25 с.

9. Вяжущие гипсовые. Технические условия : ГОСТ 125-79 / Госстрой ССР. – М. : Изд-во стандартов, 2002. – 5 с.
10. Мука известняковая (доломитовая). Технические условия : ГОСТ 14050-93. – Взамен ГОСТ 14050 – 78; введен 01.01.1995. – М.: Издательство стандартов, 1995. – 10 с.
11. 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. -22с.
12. Методы испытаний по определению механических и физических характеристик гранулометрических фракций горных пород. Часть 3. Определение насыпной плотности и пустотности: СТБ ЕН 1097-3-2007; введ.01.10.98.- Минск: Госстандарт, 1998. – 3 с.

### THE INFLUENCE OF COMPLEX MODIFIERS ON THE PROPERTIES OF GYPSUM BINDERS

A. KATULSKAYA, L. PARFENOVA

*The article presents the results of the study of the physico-mechanical properties of gypsum binders modified with complex additives using sludge water treatment Novopolotsk CHP, dolomite flour and plasticizing additives. It is shown that the modification of gypsum binders allows you to adjust the setting time, the normal density of the gypsum dough, helps to increase the strength and water resistance of the gypsum stone.*

**Keywords:** *sludge of water treatment, dolomitic flour, complex modifier, plasticizer, compressive strength, bending strength, water absorption, total porosity.*

УДК 691.335

### ВЛИЯНИЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ МЕХАНИЧЕСКОЙ АКТИВАЦИИ ЗОЛЫ НА ВЫБОР КОНЦЕНТРАЦИИ ЩЕЛОЧНОГО АКТИВАТОРА

канд. техн. наук, доц. Л.М. ПАРФЁНОВА, Е.А. РАЗУЕВА  
(Полоцкий государственный университет)

*В статье предложено использование геополимеров на основе золошлаковой смеси БелГРЭС г.п.Ореховск в качестве альтернативы портландцементу. Приведена краткая характеристика физико-механических свойств золы, а также химический состав зольной составляющей золошлаковой смеси. Приведены результаты исследования влияния продолжительности механической активации золы на выбор концентрации щелочного активатора. Представлена морфология не обработанной золы и золы механоактивированной в течении 60 минут. Установлено, что при использовании в качестве щелочного активатора гидроксида натрия (NaOH) с увеличением времени механоактивации концентрация раствора щелочи снижается.*

**Ключевые слова:** *геополимер, золошлаковая смесь, гидроксид натрия, щелочная активация, химический состав, вяжущее, механическая активация.*

Строительным материалом, который является основой всего современного строительства является портландцемент. Благодаря технологическим и эксплуатационным свойствам этот материал является практически безальтернативным вяжущим при производстве бетона и железобетона [1]. Объемы производства портландцемента намного превышают объемы производства других строительных материалов. Однако, при производстве цемента наблюдаются такие недостатки как потребление большого количества энергии (от 750 до 1450°С для производства клинкера) и выброс большого объема CO<sub>2</sub> в атмосферу [2, с.236]. Наиболее перспективной основой для разработки альтернативы портландцемента являются геополимерные вяжущие.

Геополимеры представляют собой вяжущие системы на основе тонкомолотых силикатных и алюмосиликатных материалов, затворяемых растворами щелочей [3]. Благодаря простоте, энергоэффективности, экологически чистой обработке строительные материалы на основе геополимеров вызывают большой интерес у ученых разных стран.

Для получения геополимерных вяжущих используют минеральное сырье геологического происхождения, а также промышленные отходы – шлаки, золы и другие материалы [4]. Перспективным является использование золы в геополимерах, т.к. зола является легко доступным отходом, обладает хорошей обрабатываемо-