

ВЛИЯНИЕ ВЫСОКОКАЛЬЦИЕВОЙ ЗОЛЫ ТЭЦ НА СВОЙСТВА ВЫСОКОПОДВИЖНЫХ БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

Е.Ю. Хижинкова, Н.В. Музалевская, С.П. Овчинников, В.Н. Шмыков,
И.С. Мосеевский

Установлено влияние содержания золы и её активности на деформативные свойства, прочность и водоотделение высокоподвижных бетонных смесей. В результате предложены оптимальные составы бетонов с применением высококальциевой золой ТЭЦ.

Ключевые слова: высокоподвижная бетонная смесь, собственные деформации, тепло-выделение, высококальциевая зола ТЭЦ.

ВВЕДЕНИЕ

Современные тенденции строительной индустрии требуют использования высокоподвижных и литых бетонных смесей как при монолитном и сборно-монолитном способах возведения зданий и сооружений, так и в заводских условия производства ЖБИ. Однако применение таких смесей сопровождается рядом проблем: значительным водоотделением в процессе формования изделий, увеличенным расходом цементного вяжущего, применением дорогостоящих добавок, и как следствие, существенным повышением себестоимости. Одним из способов устранения указанных недостатков может являться введение в состав бетона высококальциевых зол (ВКЗ) от сжигания бурых углей.

Однако внедрение высококальциевой золы ТЭЦ в реальное производство железобетонных изделий и конструкций осложнено ее особенностями: постоянно изменяющимся составом и свойствами золы, а также значительным объемным расширением, приводящем к собственными деформациями золосодержащих материалов. Известно [1], что при введении в состав бетона высококальциевой золы деформации возникают за счет гидратации «пережженных» СаО и MgO, а также вследствие дополнительного образования этрингита и эттринитоподобных фаз.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Целью работы являлись сравнительные исследования водоотделения, собственных деформаций и прочностных характеристик высокоподвижных бетонных смесей с добавлением ВКЗ, а также влияние армирования бетона на величину деформаций.

В качестве сырьевых материалов использовались портландцемент М400 Д20 Голухинского и Искитимского цементных заводов, песок поймы реки Обь (модуль крупности

1,2), щебень Верх-Катунского гравийно-песчаного карьера ($D_{min} = 5$ мм, $D_{max} = 15$ мм), добавка КДБ-Б, представляющая собой комплекс из пластификатора на основе лигносульфонатов и ускорителей твердения на бесхлоридной основе, а также 15 проб высококальциевой золы от сжигания бурых углей на ТЭЦ-3 г. Барнаула с содержанием СаОсв сумм от 0,99 до 7,49% (таблица 1).

В вяжущем цемент заменялся высококальциевой золой в количестве 30, 40 и 50%. Дополнительно доля вяжущего в составе бетона увеличивалась в 1,15; 1,2; 1,3; 1,4; 1,5 взамен доли щебня. Для оценки водоотделения из этих составов изготавливалась высокоподвижная бетонная смесь с осадкой конуса 20-22 см и укладывалась в форму высотой 1 метр диаметром 110 мм. После чего форма закрывалась, для того что бы избежать испарения воды с поверхности бетона. По истечении 1,5 часа с поверхности бетона собиралась отделившаяся вода.

Испытания деформативных свойств проводились на стандартных образцах-балочках размером 40×40×160 мм, прочностных – на кубах размером 100×100×100 мм. Для исследования влияния степени армирования на деформации часть образцов формовалась в кондукторах размером 50×50×200 мм. Все образцы твердели при тепловлажностной обработке (ТВО) по режиму 3-6-3 часа, при температуре 60°С и далее в нормальных условиях.

Прочность образцов-кубов определялась на 1 сутки после ТВО и на 28 суток. Собственные деформации измерялись на индикаторе часового типа ИЧ-10 до ТВО и на 1, 3, 5, 7, 10, 14, 17, 21, 25 и 28 суток после тепловлажностной обработки, а также после автоклавной обработки при 10 и 20 атмосферах.

ВЛИЯНИЕ ВЫСОКОКАЛЬЦИЕВОЙ ЗОЛЫ ТЭЦ НА СВОЙСТВА ВЫСОКОПОДВИЖНЫХ БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

Таблица 1 – Характеристика 15 проб высококальциевой золы

№ пробы	ТНГ, %	Сроки схватывания		Тонкость помола		Δt^* , °C	ППП, %	CaO _{св} , %		
		Начало, мин	Конец, мин	Остаток 008, %	S _{уд} , см ² /гр			откр	закр	сумм
1	27,5	2	10	11,98	2922,9	4	8,9	2,99	0,82	3,81
2	25	3,5	10,46	9,2	3050,2	3	7	2,2	0,09	2,29
3	26	10,1	40,35	28,4	1984,6	2	6,46	1,35	0,41	1,76
4	25,75	10,28	42,43	14	2233,5	2,2	6,45	1,09	0,35	1,44
5	25,5	11	42,58	8,52	2464	2,2	6,1	2,79	0,55	3,34
6	27	8,30	19	3,9	2126	3,3	6,32	3,72	0,15	3,87
7	22,5	1,5	9	5,325	3318,3	7	7,2	6,6	0,89	7,49
8	21,5	7,45	13,31	6	1783,9	2,8	6,22	3,56	0,22	3,78
9	21	7,38	11,28	4,3	1705,6	1,7	8,99	0,97	0,02	0,99
10	20,75	8,14	13,58	5,2	2252,6	2,1	9,61	1,83	1,40	3,23
11	21	6,53	11,5	9	2468,1	3,6	3,9	4,32	0,56	4,88
12	20	13	20	4	1997,2	2,5	4,1	2,59	0,91	3,5
13	24,25	11,49	15,56	4,7	2644,6	2,8	5,3	2,62	1,25	3,87
14	25,1	9	17,3	9,3	2540,6	5,5	3,2	4,1	0,41	4,51
15	24,53	9	18,5	3,9	2221,5	4,1	3,07	4,46	1	5,46

* Примечание: Δt , °C – температурный эффект ранней гидратации золы. определяемый по разнице величин тепловыделения зольного теста.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

В результате проведенного эксперимента установлено, что повышенное содержание вяжущего в бетонной смеси за счет высококальциевой золы экспоненциально снижает значение водоотделения смеси (рисунок 1). Влияние свойств разных проб ВКЗ значительно проявляется при увеличении расхода вяжущего до 15%. При 20% избытка вяжущего вне зависимости от пробы золы водоотделение снижается в 2-2,5 раза, а при увеличении доли вяжущего на 30% – в 3 и более раз.

Рядовые портландцементы ПЦ М400 Д20, используемые для производства ЖБИ на большинстве предприятий, содержат до 20% активной минеральной добавки, в качестве которой на цементных заводах наиболее часто применяют доменные гранулированные шлаки. Однако другие пуццолановые добавки в составе цемента, например, опока, также могут снизить величину водоотделения. Поэтому для сравнения в эксперименте использовались цементы Голухинского цементного завода, в котором присутствует комплексная минеральная добавка ДГШ + опока и Искитимский цемент, содержащий только ДГШ. Результаты показали, что величина водоотделения высокоподвижной бетонной смеси с использованием Голухинского цемента в 1,5-2 раза ниже, чем у бетонов на Искитимском цементе, что подтверждает положительное влияние добавки опоки на уменьшение водо-

отделения. На рисунке 2 представлены изменения собственных деформаций бетонов после ТВО из высокоподвижных смесей, содержащих золы с наибольшим и наименьшим содержанием свободного CaO. Как видно из данного рисунка, деформации бетонных образцов-балочек тем больше, чем больше содержание открытого свободного оксида кальция в золе, входящей в состав бетона, при этом контрольные образцы-балочки дали незначительную усадку -0,031%, а наибольшее удлинение показали образцы-балочки с содержанием золы 36% от исходной массы ПЦ. Кроме того, прослеживается следующая закономерность (рисунок 3). Дозировка золы с низким содержанием открытого свободного оксида кальция мало влияет на удлинение бетонных образцов-балочек, а при введении в состав бетона золы с содержанием CaO_{откр} более 5% влияние дозировки ВКЗ более очевидно. При этом при любом содержании золы в бетоне собственные деформации значительно увеличиваются при повышении CaO_{откр}.

В реальном производстве бетонные изделия содержат арматуру, которая может воспринимать напряжения от собственных деформаций золоцементного камня. Для оценки влияния армирования на удлинение были заформованы образцы-балочки в формах-кондукторах, которые позволяют определить величину самонапряжения арматуры в

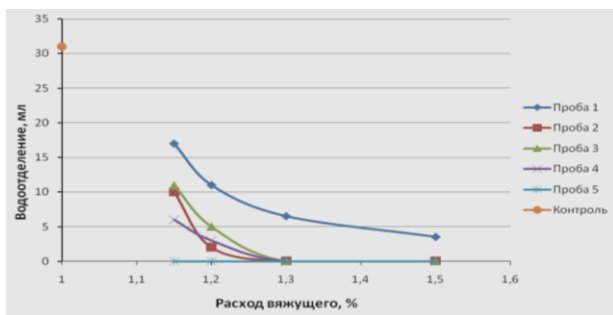


Рисунок 1 – Влияние цементно-зольного вяжущего с использованием Голухинского цемента на водоотделение высокоподвижной бетонной смеси

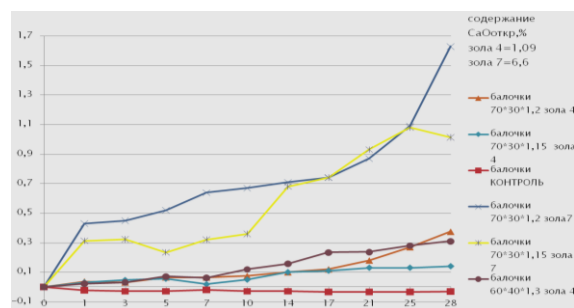


Рисунок 2 – Собственные деформации бетонов из высокоподвижных смесей, содержащих золы с наибольшим и наименьшим содержанием свободного CaO

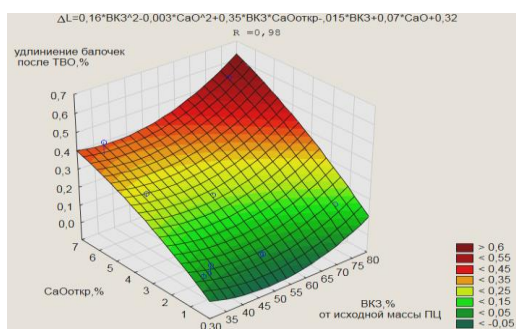


Рисунок 3 – Зависимость удлинения образцов-балочек после ТВО от дозировки высококальцевой золы (ВКЗ) и содержания в ней свободного CaO_{откр}

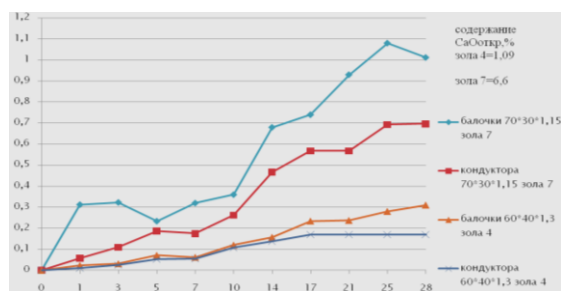


Рисунок 4 – Изменение во времени собственных деформаций образцов-балочек и образцов твердеющих в формах-кондукторах

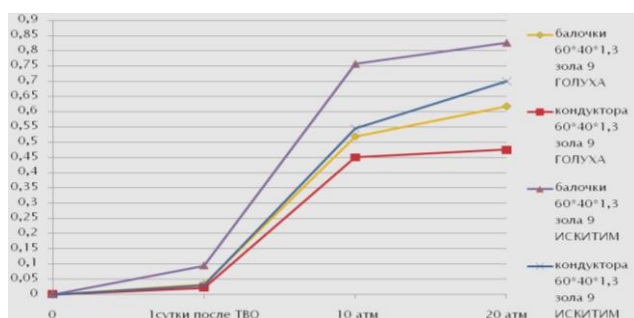


Рисунок 5 – Влияние добавки опоки голухинского цемента на внутренние деформации образцов-балочек и образцов, заформованных в кондукторах

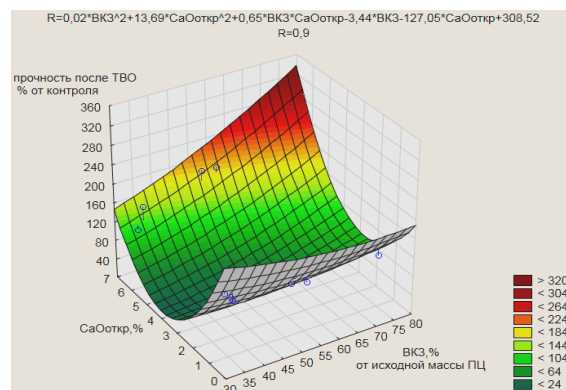


Рисунок 6 – Зависимость прочности образцов кубов после ТВО от дозировки высококальцевой золы и содержания в ней свободного CaO_{откр}

процессе твердения бетона с высококальцевой золой Результаты исследования (рисунок 4) показывают, что удлинение образцов, твердевших в условиях, моделирующих наличие арматуры, в 3-4 раза меньше удлинения образцов, твердевших в свободном со-

стоянии. При этом сохраняется установленная зависимость удлинения от содержания свободного CaO_{откр} в золе. Тем не менее, при любом содержании свободного оксида кальция, деформации армированного золосодержащего бетона не превышают 0,7%. При этом

величина самонапряжения к 28 суткам следующая: 70×30×1,15 зола 7-1,394 МПа; 60×40×1,3 зола 4-0,34 МПа.

В связи с тем, что введение пуццолановых добавок в золосодержащие материалы уменьшает их собственные деформации, на следующем этапе эксперимента анализировалось влияние голухинского цемента, в состав которого входит опока, на величину удлинения бетонных образцов.

Результаты исследования показывают, что собственные деформации бетона с применением голухинского цемента значительно ниже, чем у образцов, в состав которых входит цемент искитимского цементного завода (рисунок 5). Данная зависимость наблюдается как у образцов, твердеющих в свободном состоянии, так и в формах-кондукторах, моделирующих 1% армирования бетона. Помимо собственных деформаций при производстве золосодержащих бетонных изделий необходимо оценить прочностные характеристики. Результаты, представленные на рисунке 6, показывают зависимость прочности, в первую очередь, от содержания СаО свободного.

Максимальная прочность наблюдается у составов с большим количеством высокоактивной золы, что можно объяснить тем, что в данных составах увеличивался расход цементно-зольного вяжущего.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, очевидно, что при исследовании цементно-зольных высокоподвижных смесей необходим комплексный подход.

Наиболее эффективным способом, позволяющим уменьшить водоотделение, является использование в составе бетона цементно-зольного вяжущего с увеличением его доли на 30% взамен доли щебня. Этот же состав, содержащий 60% ПЦ и 40% ВКЗ, оказался наиболее оптимальным по показателям собственных деформаций и прочностных характеристик бетона.

При этом анализ различных проб золы показал, что при разработке технологии необходимо учитывать активность золы, оказывающей большое влияние на все свойства золосодержащих материалов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Овчаренко Г.И., Хижинкова Е.Ю., Музалевская Н. В., Балабаева Т. С. Безусадочные цементно-зольные композиции // Известия вузов. Строительство. – 2010, № 9. – С. 20-25.

Хижинкова Е.Ю. – к.т.н., доцент, E-mail: alenka_hig@mail.ru; Музалевская Н.В. – к.т.н., доцент; Овчинников С.П. – инженер; Шмыков В.Н. – студент; Мосеевский И.С. – студент, Алтайский государственный технический университет.

УДК 625.731.813

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВВЕДЕНИЯ СЕЗОННОГО ОГРАНИЧЕНИЯ ОСЕВЫХ НАГРУЗОК НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

Б.М. Черепанов, О.Л. Моисеева, Э.Е. Таныгина

В работе представлен расчет предполагаемого экономического эффекта при введении ограничения состава и интенсивности движения большегрузного транспорта в неблагоприятные периоды года с целью предотвращения преждевременного снижения прочности дорожной одежды и сохранения дорожного покрытия в рабочем состоянии на примере одной из исследуемых дорог.

Ключевые слова: автомобильные дороги, износ дорожных одежд, исследования грунтов, ограничение транспортной нагрузки.

Дороги, подверженные действию сил морозного пучения, быстро изнашиваются и возникает необходимость в ежегодном ремонте. Можно отметить потери в смежных сферах народного хозяйства, вызванные

снижением скорости и безопасности перевозок. Потери несут промышленность, сельское хозяйство, социальная сфера.

В Алтайском крае, чтобы удержать в надлежащем нормативном состоянии суще-