

УДК 662.693.5

Сторожук Н.А.

Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры

Павленко Т.М.

Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры

Аббасова А.Р.

Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры

ЭФФЕКТИВНЫЙ СПОСОБ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗОЛЫ ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ В ТЕХНОЛОГИИ БЕТОНОВ

Доказано, что путем управления физико-химическими факторами, тесно связанными с поверхностными явлениями на границе раздела твердой и жидкой фаз золобетонной смеси, предоставляется возможность существенно улучшить качество уплотнения золобетона, увеличить его прочность в два и более раз, повысить его долговечность. Выполненные исследования способствуют увеличению объемов использования золы в строительстве, что решает проблему заполнителей, а также утилизации отходов ТЭС.

Ключевые слова: зола ТЭС, золобетон, вибровакуумирование, прочность, долговечность.

Постановка проблемы. Известно, что зола тепловых электростанций (ТЭС) является самым дешевым легким заполнителем для бетонов, в некоторых случаях она по стоимости дешевле природного песка. Кроме этого, зола ТЭС как заполнитель обладает рядом положительных свойств. Исследования с помощью светового микроскопа показали, что минеральная часть зол ТЭС на 90–92% состоит из стекловидной фазы. Основным компонентом этой фазы является кремнезём, который в значительной степени формирует физические и химические свойства золы [1, с. 7–34; 2; 3]. Он участвует в процессах гидратационного твердения вяжущего, а также в процессах синтеза, образуя различные гидросиликаты. Вместе с тем зола ТЭС обладает недостатками, усложняющими ее использование в строительстве.

Постановка задания. В настоящей работе нами сделана попытка некоторые из этих недостатков устранить. При этом в основу наших исследований принято следующее. Принципиальное отличие золобетона от обычного бетона заключается и в том, что в обычном бетоне цемент подвергается гидролизу и гидратации в условиях окружения его крупным и мелким заполнителями – малоактивной средой с незначительной удельной поверхностью. Цемент в этом случае твердеет в продуктах собственного гидролиза. В противоположность этому в золобетоне гидролиз и гидратация цемента происходят в окружении активной среды – золы, имеющей огромную удельную поверхность, что существенно влияет на ход этих процессов и качество получаемых бетонов.

Изложение основного материала. Проблема использования золы ТЭС. В первую очередь это очень мелкий легкий заполнитель. Средние результаты ситового анализа сбрасываемых в отвалы зол характеризуются следующими данными: частные остатки на сите с сеткой 016 – 3–9%, 008 – 8–16%, 0063 – 20–45%. Дисперсность зол зависит от ступени золоулавливающих устройств от которой отбирается проба. На первых ступенях улавливания отбираются сравнительно крупные фракции, характеризующиеся удельной поверхностью 1500–2000 см²/г, на последних – наиболее мелкие – 5000–6000 см²/г. Средняя дисперсность направляемых в отвалы зол находится в пределах 2600–3800 см²/г. Однако в результате естественного расслаивания материала на различных участках золоотвалов, формируемых гидравлической системой удаления отходов с ТЭС, оседают и накапливаются золы различной дисперсности: от 1800 до 7000 см²/г.

Таблица 1

Водопотребность золы и цементов (нормальная густота)

Вид материала	Удельная поверхность, см ² /г	Водопотребность (нормальная густота), %
Зола	4570	33
Зола	6990	33
Цемент М 400	4500	24
Цемент М 500	5500	28

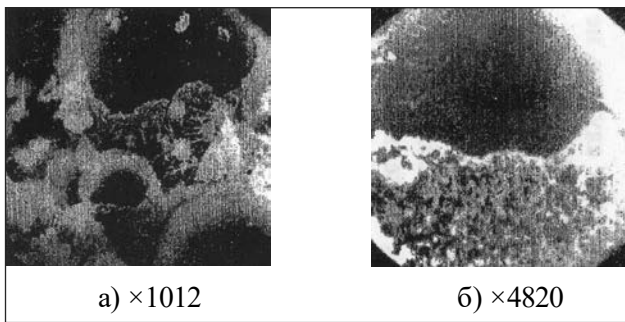


Рис. 1. Вид частиц золы в золобетоне (РЭМ)
(возраст бетона 3 суток)

Исследованиями установлено, что водопотребность золы на 25–30% больше водопотребности широко применяемых цементов (табл. 1). Что характерно, с увеличением удельной поверхности золы её водопотребность не увеличивается. Это еще раз подтверждает очень высокую пористость золы (рис. 1).

Чрезвычайно малый размер пор предопределяет огромную удельную поверхность золы, существенно влияющую на свойства золобетонных смесей и золобетонов. Проф. И.А. Иванов при выполнении исследований показал, что действительная удельная поверхность золы находится в пределах до $15 \text{ м}^2/\text{г}$. Приведенные данные в несколько раз превышают удельную поверхность цемента [4, с. 35].

Опыт использования золы ТЭС в строительстве выявил ряд существенных недостатков, сдерживающих применение золы в технологии бетонов.

Практикой доказано, что для строителей лучше зола сухого отбора, но, как правило, на большинстве тепловых электростанций отсутствует оборудование для хранения и выдачи такой золы, поэтому полученная зола транспортируется в отвалы гидравлическим способом. Кроме того, эта зола имеет различный зерновой состав в разных местах отвала, а также постоянно меняющуюся влажность в течение года, в ней со временем образуются агрегаты. Известно, что в любой золе, даже сверхкислой, имеется некоторое количество извести, которая за счет карбонизации со временем твердеет. В результате этого постоянно образуются известково-зольные микро- и макроконгломераты. Все это усложняет подачу такой золы в накопительные бункера БСУ, ее хранение в бункерах и выдачу через дозатор в смеситель. Непостоянный зерновой состав, наличие твердеющей извести, постоянно меняющаяся влажность существенно усложняют технологию получения

изделий из золобетонов с высокими физико-механическими свойствами.

Большое перенасыщение свежееуложенного золобетона водой обуславливает его более высокую пористость, низкие прочность и морозостойкость. Высокая водопотребность золобетонных смесей особенно влияет на его усадку, вызывающую значительные напряжения при твердении и высыхании бетона. Кроме того, повышенные расходы золы в бетонах часто приводят к весьма нежелательным явлениям: появлению усадочных трещин, снижению долговечности и т.п.

В настоящее время золобетонные изделия формируют виброуплотнением, прессованием, вибропрессованием и вибротрамбованием. Особенность формирования изделий (стеновых камней и блоков) заключается в том, что они сразу после уплотнения золобетонной смеси освобождаются от боковой опалубки. Самая незначительная передозировка воды затворения вызывает деформацию изделий после их формирования и распалубки, образуются оплывы, в некоторых случаях происходит разрушение свежееотформованных изделий.

Использование жестких золобетонных смесей также не гарантирует надежную немедленную распалубку из-за большой упругости таких смесей. В этом случае низкая надёжность получения чётких граней и углов, очень часто возникают осыпания, трещины, каверны и расслоения.

Теоретические предпосылки. Как отмечалось ранее, основной причиной перечисленных недостатков является очень высокая развитая поверхность золы. Это приводит к существенной роли электрокинетических явлений в золобетонных смесях при формировании изделий. Исходя из этого, предлагается путем использования электролитов управлять электрокинетическими процессами, происходящими на поверхности частиц твердой фазы, регулировать толщину диффузионного слоя с целью максимально возможного его сжатия, что будет способствовать переходу существенного количества жидкой фазы из диффузионного слоя в дисперсионную среду и, соответственно, сближению частиц твердой фазы. После этого предложено уплотнять такие смеси вибровакуумированием.

Рассматривая электрокинетические явления в уплотняемой золобетонной смеси, воспользуемся основными допущениями и упрощениями, принятыми при изложении научных результатов в коллоидной химии [5, с. 178–209; 6, с. 169–197; 7, с. 13–22]. С учётом этого для упрощения будем рассматривать в основном плоский двойной

электрический слой, хотя в суспензиях высокой дисперсности такой слой практически не встречается. Подобное упрощение допустимо, так как толщина двойного слоя мала по сравнению с радиусом кривизны поверхности частиц твердой фазы или ее капилляров.

Кроме того, при рассмотрении двойного электрического слоя примем ряд следующих общих положений, из которых исходили все авторы теорий его строения. Двойной электрический слой состоит из ионов одного знака, относительно прочно связанных с поверхностью дисперсной твердой фазы (потенциалопределяющие ионы), и эквивалентного количества противоположно заряженных ионов, находящихся в жидкой дисперсионной среде вблизи межфазной поверхности (противоионы). Заряд на поверхности твердой фазы в первом приближении рассматривается как поверхностный заряд, равномерно распределенный по всей поверхности частиц. Между противоионами и свободными (не входящими в двойной электрический слой) ионами того же знака, находящимися в жидкости (дисперсионной среде), существует динамическое равновесие. Дисперсионная среда рассматривается как непрерывная фаза, влияние которой на двойной электрический слой определяется лишь ее диэлектрической проницаемостью. Обобщающими характеристиками двойного электрического слоя являются общий скачок потенциала (ϕ_0) и электрокинетический потенциал (ζ -потенциал).

Рассмотрим, как влияет на оба эти потенциала введение в нашу суспензию индифферентного, а затем неиндифферентного электролита. При введении индифферентного электролита общий скачок потенциала почти не изменяется. Совсем другие закономерности изменения электрокинетического потенциала – ζ -потенциала. С повышением концентрации вводимого электролита вследствие того, что для компенсации потенциалопределяющих ионов требуется всегда одно и то же (эквивалентное) число зарядов противоположного знака, толщина диффузного слоя уменьшается. Как принято говорить, двойной электрический слой сжимается и ζ -потенциал, отвечающий плоскости скольжения жидкости при электрофорезе или электроосмосе, уменьшается. Наглядно изменение ζ -потенциала при введении в рассматриваемую суспензию постепенно увеличивающегося количества индифферентного электролита (x) нами показано на рис. 2.

При достаточно больших концентрациях электролита диффузный слой может сжаться до

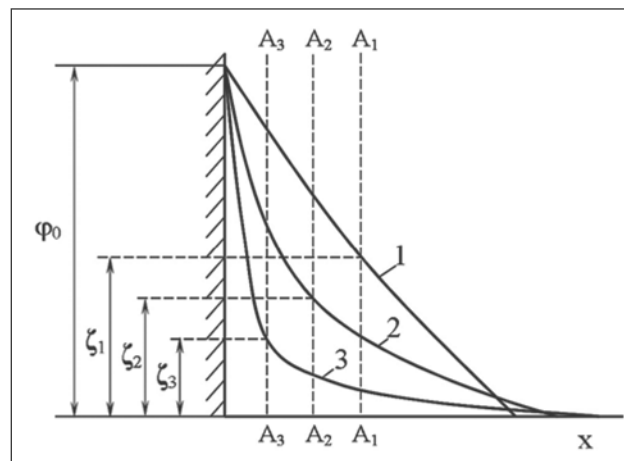


Рис. 2. Влияние индифферентного электролита на толщину двойного электрического слоя и электрокинетический потенциал (количество электролита увеличивается от кривой 1 к кривой 3): A_1A_1 , A_2A_2 , A_3A_3 – изменение границы (плоскости) скольжения

моноионного слоя и двойной электрический слой таким образом превратится в слой Гельмгольца-Перрена. Понятно, что, поскольку этот слой будет находиться ближе к поверхности твердой частицы, чем плоскость скольжения, ζ -потенциал будет равен нулю.

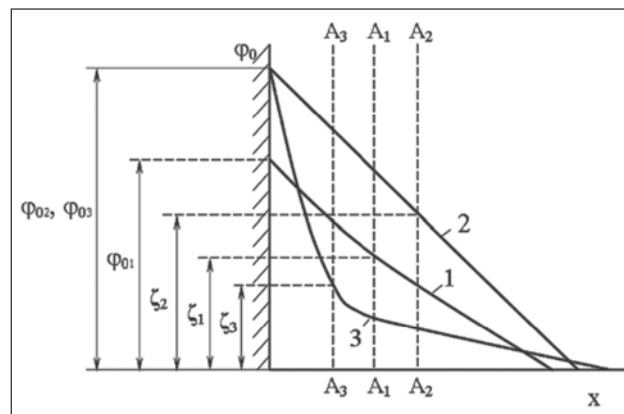


Рис. 3. Влияние неиндифферентного электролита на ϕ_0 и ζ -потенциалы:

1 – кривая падения потенциала в двойном электрическом слое до введения электролита; 2 – то же, после введения неиндифферентного электролита; 3 – то же, при дальнейшем увеличении расхода электролита: A_1A_1 , A_2A_2 , A_3A_3 – изменение границы (плоскости) скольжения

Влияние неиндифферентного электролита, один из ионов которого способен достраивать кристаллическую решетку дисперсной фазы, заключается в том, что потенциалопределяющий ион этого электролита может повышать потенциал ϕ_0 , а находящийся с ним в паре ион, одноименный с зарядом противоиона, способен сжимать двойной

электрический слой. При малых концентрациях неиндифферентного электролита проявляется в основном первая тенденция, связанная с поверхностным действием иона, способного достраивать кристаллическую решетку. При больших концентрациях, когда достройка кристаллической решетки завершена, превалирует вторая тенденция. Поэтому при введении в золобетонную смесь постепенно увеличивающегося количества неиндифферентного электролита ζ -потенциал сначала возрастает, а потом падает, проходя через максимум (рис. 3).

Таким образом, за счет добавки индифферентного электролита в дисперсную среду (золобетонную смесь) происходит сжатие диффузионного слоя на частицах твердой фазы и в результате этого вода затворения из диффузионного слоя выделяется в дисперсионную среду и поэтому подвижность (пластичность) золобетонной смеси должна увеличиваться.

В случае использования неиндифферентного электролита вначале происходит достройка кристаллической решетки дисперсной среды (твердой фазы) и, соответственно, увеличивается толщина диффузионного слоя, подвижность (консистенция) золобетонной смеси уменьшается. При дальнейшем увеличении расхода этого электролита толщина диффузионного слоя начнет уменьшаться и, соответственно, вода затворения выделяется в дисперсионную среду и подвижность золобетонной смеси должна увеличиваться.

Экспериментальные исследования. При выполнении исследований применяли золобетонную смесь состава 1:3 (цемент:зола). В опытах использовали портландцемент М400 (г. Кривой Рог) и золу Приднепровской ТЭС.

В качестве электролитов применяли распространенные в строительстве добавки – хлористый кальций (CaCl_2) и хлористый натрий (NaCl). Подвижность (консистенцию) золобетонной смеси определяли по ДСТУ Б В.2.7-187:2009.

В исследованиях добавку электролита вводили в золобетонную смесь в количестве 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 и 3,0% от расхода цемента. Подвижность (консистенция) исходной золобетонной смеси составила $\text{PK} = 126$ мм. Результаты исследований приведены на рис. 4.

При введении в золобетонную смесь электролита NaCl сначала подвижность смеси уменьшается, что свидетельствует о достройке кристаллической решетки на частицах твердой фазы (дисперсной среды) и, соответственно, увеличении толщины диффузионного слоя, что приводит к

уменьшению количества дисперсионной среды и к уменьшению подвижности (консистенции) золобетонной смеси. Такие закономерности наблюдаются при добавке NaCl до 1,0–1,5% от расхода цемента. Затем, как и следовало ожидать, при дальнейшем увеличении расхода электролита наблюдается увеличение подвижности (консистенции) золобетонной смеси (до $\text{PK} = 136$ мм) за счет сжатия диффузионного слоя.

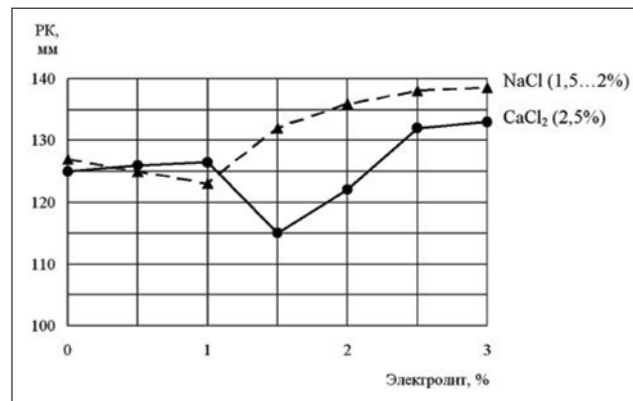


Рис. 4. Изменение подвижности (консистенции) золобетонной смеси в зависимости от расхода электролита и его вида

Аналогичные закономерности получены при использовании CaCl_2 , но увеличение подвижности золобетонной смеси наблюдается при добавке этого электролита в количестве 2–2,5%.

Таким образом, исходя из полученных результатов исследований, электролиты хлористый натрий и хлористый кальций по отношению к исследуемой золобетонной смеси являются неиндифферентными.

Полученные результаты исследований положены в разработку высокоэффективной технологии изделий из золобетонов. С учетом имеющихся разработок [2; 3] предложенная нами технология получения золобетонов с высокими физико-механическими свойствами заключается в следующем. Сначала с целью разрушения в золе агрегатов и конгломератов в роторном смесителе путем тщательного перемешивания готовили зольный шлам с водозольным отношением около 0,5, используя обычную воду или раствор электролита. Затем приготовленный шлам через дозатор поступает в бетоносмеситель, в который после этого дозируют цемент и приготавливают золобетонную смесь. При формовании изделий методом вибровакуумирования излишняя вода затворения из уплотняемой бетонной смеси удаляется, в результате этого получают хорошо уплотненный бетон. Использовали золобетонную смесь состава

Характеристики золобетонных смесей и золобетонов

Вид электролита	Рациональная продолжительность вакуумирования мин.	Количество извлеченной воды, л/м ³	Плотность, кг/м ³	Прочность при сжатии, МПа
Без электролита	12	96	1642	13,2
CaCl ₂	6–8	110	1648	15,8
NaCl	6–8	108	1643	15,6

Таблица 3

Состав, плотность и прочность виброуплотненных и вибровакуумированных золобетонов

Вид бетонов	Плотность бетонов, кг/м ³	В/Ц бетонов	Состав бетонов (кг/м ³)			Прочность при сжатии, МПа
			Цемент	Зола	Вода	
Виброуплотненный исходного состава	1641	1,93	237	948	457	6,7
Виброуплотненный из жесткой смеси	1640	1,48	253	1012	374	9,4
Вибровакуумированный	1652	1,48	254	1016	377	13,6
Вибровакуумированный с добавкой электролита	1660	1,35	261	1044	352	16,1

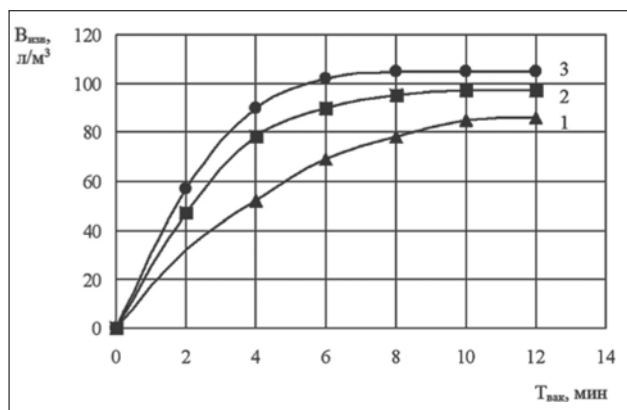


Рис. 5. Количество извлеченной воды при вакуумировании золобетонной смеси в зависимости от продолжительности вибровакуумирования:

1 – без добавки электролита; 2 – с добавкой электролита NaCl; 3 – то же, CaCl₂

1:4, подвижность смеси без добавки электролита характеризовалась осадкой стандартного конуса ОК = 10 см. При добавке электролитов (NaCl, CaCl₂) в оптимальном количестве подвижность этой смеси увеличилась до ОК = 12 см.

Из каждого вида золобетонной смеси формовали образцы размером 15x15x7 см для определения плотности и прочности в возрасте 28 суток. После предварительного виброуплотнения продолжительностью 15–20 с образцы подвергали вакуумированию при разрежении 0,7–0,8 (полный вакуум принят за единицу). В процессе вакуумирования применяли периодическое вибрирование

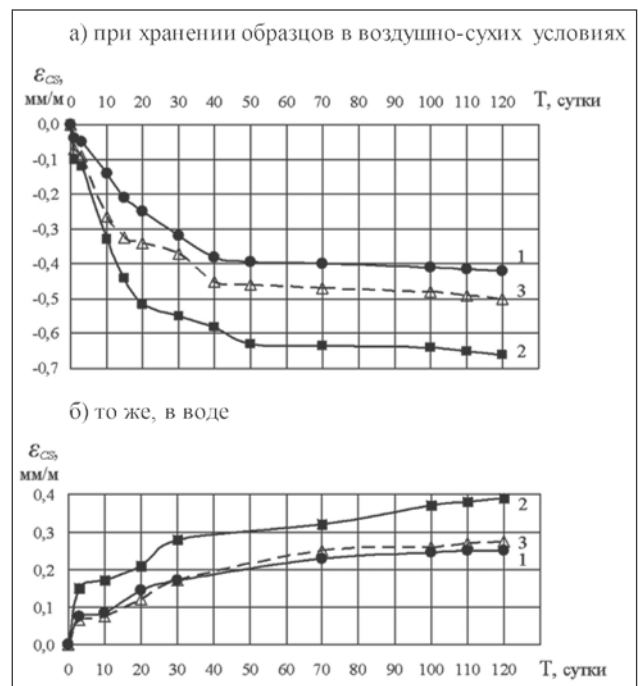


Рис. 6. Усадка и набухание золобетонов в зависимости от продолжительности и условий твердения:

1 – вибровакуумированный золобетон; 2 – то же, виброуплотненный из подвижной смеси; 3 – то же, виброуплотненный из жесткой смеси

(два приёма по 10–12 с). Общая продолжительность вибровакуумирования составляла 12 мин., при этом было удалено 88–110 л воды в пересчете на 1 м³ вакуумбетона. Все отформованные образцы твердели в нормальных условиях. В табл. 2 и на рис. 5 приведены результаты исследований по продолжительности вибровакуумирования

и количеству извлеченной воды при вакуумной обработке золобетонных смесей. Даны сведения по плотности и прочности бетонов.

Добавка электролитов NaCl , CaCl_2 в оптимальном количестве в золобетонную смесь повышает ее подвижность, позволяет сократить продолжительность вибровакуумирования, увеличивает количество извлеченной воды, при этом при вакуумной обработке прочность золобетонов с добавкой электролита повышается на 18–20% в сравнении с бетонами без такой добавки.

В дополнение к изложенному в табл. 3 приведены обобщенные результаты наших исследований по прочности и плотности различных видов золобетонов. В выполненных исследованиях использовали ту же золобетонную смесь, что и в предыдущих опытах, формовали те же образцы с использованием тех же режимов вибровакуумирования. Для сравнения из бетонной смеси того же состава, что и вакуумзолобетон готовили жесткую смесь, которую уплотняли вибрационным способом с пригрузом 0,006 МПа. Одновременно были отформованы вибрационным способом образцы из исходной (подвижной) смеси. Все образцы твердели в нормальных условиях 28 суток.

Приведенные данные убедительно свидетельствуют о преимуществах вибровакуумированных золобетонов по сравнению с виброуплотненными. Прочность вакуумзолобетона повысилась в 1,6–2 раза.

Большой научный и практический интерес представляют сравнительные исследования усадки и набухания рассматриваемых вибровакуумированных и виброуплотненных золобетонов. Нами они выполнены в соответствии с требованиями ДСТУ Б В.2.7-216:2009. Известно, что усадка бетона – одна из основных причин появления в нем собственных напряжений, приводящих в ряде случаев к образованию трещин, к снижению стойкости, водонепроницаемости и долговечности сооружения [8, с. 52–64, с. 114].

Измерение усадки и набухания различных видов золобетонов проведено на образцах размером $300 \times 100 \times 60$ мм на протяжении 120 суток. Длину образцов измеряли при помощи оптического компаратора ИЗА-2. Для этого после уплотнения золобетонной смеси на поверхность отформованных образцов прикрепляли латунные пластинки с нанесенными на них рисками, по которым и проводили отсчеты. Все образцы освобождали из форм через сутки после формования. Часть образцов хранили в воздушно-сухих условиях (относительная влажность 50–60%), другую

часть через сутки после формования помещали в воду. Измерение размеров всех образцов начато через сутки после формования.

Результаты опытов приведены на рис. 6. Как и следовало ожидать, наибольшие показатели усадки (0,654 мм/м) у золобетонов из подвижной золобетонной смеси. Усадка бетона из виброуплотненной жесткой смеси является значительно меньшей. Вакуумзолобетон характеризуется наименьшей усадкой из всех рассматриваемых видов бетонов. Величина набухания вакуумзолобетона в воде за 120 суток находится в пределах 0,248 мм/м, что значительно меньше набухания виброуплотненного бетона из жесткой смеси, и в 1,5 раза меньше, чем для бетона из подвижной золобетонной смеси.

Высокие показатели по усадке и набуханию вакуумзолобетона являются косвенной характеристикой его долговечности, предоставляют возможность изготавливать конструкции из золобетонов значительных размеров, что до настоящего времени было большой проблемой.

Этот вывод подтвержден нашими другими результатами исследований, которые приведены в работе [9]. Если бетоны состава 1:4 (расход цемента 280 кг/м^3) из подвижной смеси характеризуются невысокой морозостойкостью (F25), а из виброуплотненной жесткой смеси имеют морозостойкость F35, то у вибровакуумированных золобетонов морозостойкость F75, т.е. в 2 раза больше, чем у виброуплотненных бетонов из жесткой смеси.

Такое повышение морозостойкости вакуумированных золобетонов объясняется не только высокой степенью уплотнения золобетонных смесей вибровакуумированием, но и большей степенью гидратации вяжущего в вакуумированных бетонах в сравнении с виброуплотненными [10, с. 174–185; 11].

Выводы. Доказано, что путем управления физико-химическими факторами, тесно связанными с поверхностными явлениями на границе раздела твердой и жидкой фаз золобетонной смеси, предоставляется возможность существенно сократить продолжительность вибровакуумирования, увеличить количество извлеченной воды, повысить качество уплотнения золобетона, увеличить его прочность в два и более раза, значительно снизить усадку и набухание, что свидетельствует о повышении долговечности таких бетонов. Выполненные исследования предоставляют возможность значительно увеличить объемы использования золы в строительстве, что решает проблему заполнителей, способствует утилизации отходов ТЭС и, соответственно, охране окружающей среды.

Список литературы:

1. Волженский А.В., Иванов И.А., Виноградов Б.Н. Применение зол и топливных шлаков в производстве строительных материалов. М.: Стройиздат, 1984. 253 с.
2. Кокубу М. Зола и зольные цементы (основной доклад). Пятый международный конгресс по химии цемента (7–11 октября 1968 г., Токио) / сокр. пер. с англ. и ред. О.П. Мчедлова-Петросяна, Ю.М. Бутта, В.И. Сатарина и А.И. Бойковой. М.: Стройиздат, 1973. С. 405–416.
3. Кокубу М., Ямада Д. Цементы с добавкой золы-уноса (основной доклад). Шестой международный конгресс по химии цемента. Труды. в 3 т.; под общ. ред. А.С. Болдырева. Т.3. Цементы и их свойства. М.: Стройиздат, 1976. С. 83–94.
4. Иванов И.А. Особенности зол электростанций, влияющие на их использование в качестве заполнителя для бетонов разного назначения. Использование новых легких материалов и отходов производства в строительстве. М.: Стройиздат, 1972. С. 50–56.
5. Фридрихсберг Д.А. Курс коллоидной химии. Л.: Химия, 1984. 368 с.
6. Воюцкий С.С. Курс коллоидной химии: учеб. пособие для вузов. М.: Химия, 1976. 512 с.
7. Зонтаг Г., Штрэнге К. Коагуляция и устойчивость дисперсных систем. Л.: Химия, 1973. 152 с.
8. Мощанский Н.А. Плотность и стойкость бетонов. М.: Госстройиздат, 1951. 176 с.
9. Савицкий Н.В., Павленко Т.М., Аббасова А.Р. Рациональное использование золошлаковых смесей, зол и шлаков ТЭС в технологии бетонов. Бетон и железобетон. М., 2014. № 3. С. 28–31.
10. Сторожук Н.А. Вибровакуумирование бетонных смесей и свойства вакуумбетона. Д.: Пороги, 2008. 251 с.
11. Савицкий Н.В., Павленко Т.М., Аббасова А.Р. Свойства вибровакуумированных золобетонов. Известия высших учебных заведений. Строительство. №6. Новосибирск, НГАСУ, 2014. С. 31–35.

ЕФЕКТИВНИЙ СПОСІБ ВИКОРИСТАННЯ ЗОЛИ ТЕПЛОВИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ У ТЕХНОЛОГІЇ БЕТОНІВ

Доведено, що шляхом управління фізико-хімічними факторами, тісно пов'язаними з поверхневими явищами на кордоні розділу твердої і рідкої фаз золобетонної суміші, надається можливість істотно поліпшити якість ущільнення золобетону, збільшити його міцність у два і більше разів, підвищити його довговічність. Виконані дослідження сприяють збільшенню обсягів використання золи в будівництві, що вирішує проблему заповнювачів, а також утилізації відходів ТЕС.

Ключові слова: зола ТЕС, золобетон, вибровакумування, міцність, довговічність.

EFFECTIVE WAY OF USING ASH FROM THERMAL POWER PLANTS IN CONCRETE TECHNOLOGY

It is proved that by controlling the physico-chemical factors, which are closely related to surface phenomena at the interface of solid and liquid phases of ash concrete mix, the opportunity to significantly improve quality of compaction of ash concrete, to increase its strength in two or more times, to raise its durability. This research contributes to the increased use of ash in construction that solves the problem of aggregates as well as thermal power plants waste recycling.

Key words: thermal power plant ash, ash concrete, vibrovacuumizing, strength, durability.