

УДК 693.547.2

ПРОЧНОСТЬ И МОРОЗОСТОЙКОСТЬ ЗОЛОБЕТОНОВ

д.т.н., проф. Савицкий Н.В., к.т.н., доц. Павленко Т.М., асп.
Аббасова А.Р.

*ГВУЗ «Приднепровская государственная академия
строительства и архитектуры»*

Постановка проблемы. Утилизация отходов тепловых электростанций является важнейшей экологической проблемой в Украине. Вблизи мощных тепловых электростанций накопились десятки миллионов тонн этих отходов. На одной из крупнейших в Европе Приднепровской ТЭС ежесуточно поступают в отвалы тысячи тонн золы и шлаков, нанося существенный вред окружающей среде.

Одним из путей решения этой проблемы является использование зол и шлаков в строительстве в качестве составляющих бетонов. В этом направлении постоянно делались и делаются попытки. Однако все они заканчивались с низкой эффективностью из-за непостоянства состава и влажности в разных местах отвалов и очень высокой водопотребности золы и шлаков как материалов для бетонов. По этой причине даже с применением суперпластификаторов получали бетоны при умеренных расходах цемента недостаточной прочности, с неудовлетворительными деформативными свойствами, низкой морозостойкости и др.

Цель работы. Предусматривается разработать новую высокоэффективную технологию производства строительных изделий (конструкций) из золобетонов, в которых зола используется одновременно как заполнитель, наполнитель, активная минеральная добавка и пластификатор. Это значительно упростит технологию производства изделий, складское хозяйство на предприятиях стройиндустрии, значительно увеличит объемы использования золы в строительстве. В основу разработок положено следующее.

Общее свойство дисперсных систем, особенно высококонцентрированных, как, например, золобетонные смеси, заключается в том, что одни только механические воздействия сами по себе обычно недостаточно эффективны для придания им нужной структуры и обеспечения требуемых физико-механических свойств. Важную роль в этих процессах играют поверхностные физико-химические явления, от которых зависит взаимодействие частиц дисперсных фаз между собой и с окружающей средой, и, в конечном счете, сцепление частиц. Регулирование поверхностных явлений и процессов за счет соответствующих добавок позволяет широко варьировать (ослаблять или усиливать) сцепление между частицами дисперсных фаз и изменять в желаемом направлении физико-механические свойства дисперсных систем и материалов [1].

Золобетонные смеси обладают очень большой водопотребностью из-за высокой удельной поверхности золы и поэтому при производстве изделий из золобетонов целесообразно уплотнять такие смеси вибровакuumированием, позволяющим эффективно управлять водопотребностью за счет удаления при формировании изделий необходимой части воды затворения. Это предоставит возможность

получить надлежащее уплотнение таких бетонов, что обеспечит интенсивный рост прочности во времени, высокую морозостойкость.

Основной материал. При исследовании плотности и прочности золобетонных формовали образцы:

- виброуплотненные из исходной (подвижной) бетонной смеси;
- вибровакуумированные;
- виброуплотненные из жесткой смеси (расход воды в бетоне из жесткой смеси такой же, как и у вибровакуумированного).

В исследованиях использовали портландцемент М400 и золу Приднепровской ТЭС. В качестве добавки применяли одно из соединений химических элементов первой группы периодической системы элементов Д.И. Менделеева – карбонат натрия (Na_2CO_3) в количестве 0,4% от расхода цемента. Подвижность исходной бетонной смеси характеризовалась осадкой стандартного конуса – $\text{OK} = 3...4$ см. Из каждого вида золобетонной смеси формовали образцы размером $15 \times 15 \times 7$ см для определения плотности и прочности в возрасте 28 суток при следующих режимах и способах уплотнения (с учетом предыдущих исследований) [2]. Из бетонной смеси исходного состава образцы формовали вибрационным способом продолжительностью 25... 30 с, при формовании образцов из жесткой смеси продолжительность уплотнения вибрированием составляла 60...65 с; вибровакуумированные – после предварительного виброуплотнения продолжительностью 15... 20 с, подвергали вакуумированию при разрежении 0,7...0,8 (полный вакуум принят за единицу). В процессе вакуумирования применяли периодическое вибрирование (два приема по 10...12 с через каждые первые 2 мин). Общая продолжительность вибровакуумирования составляла 9 мин, при этом было удалено 88...96 л воды в пересчете на 1 м³ вибровакуумированного золобетона. Все отформованные образцы твердели в нормальных условиях. Составы бетонов и результаты их испытаний приведены в табл. 1.

Таблица 1
Состав, плотность и прочность при сжатии золобетонов

Вид бетона	Расход материалов, кг/м ³				Количество извлеченной воды, л/м ³	Плотность бетона, кг/м ³	Прочность при сжатии, МПа
	Цемент	Зола	Вода	Добавка (Na_2CO_3)			
Виброуплотненный из подвижной смеси	286	1102	364	1,2	-	$\frac{1752}{1502}$	6,8
Вибровакуумированный	302	1174	273	1,2	96	$\frac{1749}{1512}$	13,9
Виброуплотненный из жесткой смеси	292	1151	269	1,2	-	$\frac{1712}{1503}$	9,1

Примечание: числитель – плотность бетонов после формования, знаменатель – плотность сухих бетонов.

Вибровакуумирование предоставляет возможность повысить прочность золобетонных практически в 2 раза. Прочность бетонов из жестких золобетонных смесей больше прочности бетонов из подвижных смесей только на 30...35%. Это объясняется недостаточным уплотнением вибрационным способом таких смесей [2].

С целью выявления закономерностей роста прочности исследуемых золобетонных во времени определяли их прочность в возрасте 3, 7, 14 и 28 суток (рис. 1). Как и следовало ожидать, наблюдается более интенсивный рост прочности вакуумбетона в начальный период твердения по сравнению с виброуплотненными. Следует отметить, что через 3-е суток твердения в нормальных условиях прочность вибровакуумированного золобетона в 2,5...3 раза больше виброуплотненного бетона из подвижной бетонной смеси и на 60...70% больше чем у золобетона из жесткой смеси. Наблюдается интенсивное твердение вибровакуумированного золобетона и в возрасте 7 и 14 суток.

Как и в предыдущих опытах, из рис. 1 видно, что в возрасте 28 суток прочность вибровакуумированного золобетона в 2 раза больше, чем виброуплотненного из подвижной смеси, и существенно больше, чем виброуплотненного бетона из жесткой смеси.

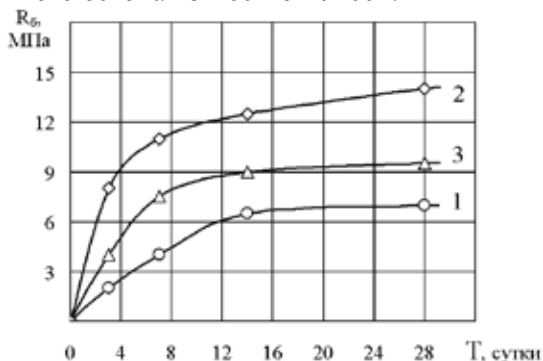


Рис. 1. Рост прочности золобетонных во времени: 1 – виброуплотненный из подвижной бетонной смеси; 2 – вибровакуумированный; 3 – виброуплотненный из жесткой бетонной смеси

Морозостойкость бетонов является одной из важнейших характеристик, определяющих их долговечность. Как известно, морозостойкость и водонепроницаемость определяются особенностями поровой структуры бетона. Наиболее опасными, с точки зрения морозостойкости бетона, являются сообщающиеся между собой капиллярные поры, способствующие значительному водонасыщению бетона. В.В. Стольников использовал в качестве суммарной физической характеристики структуры бетона показатель интенсивности капиллярного всасывания. В его исследованиях наблюдалось повышение морозостойкости при уменьшении интенсивности капиллярного всасывания, которое зависит от общей пористости бетона, а также от ее физического характера. Наиболее эффективным

мероприятием по уменьшению капиллярного всасывания оказалось снижение В/Ц и одновременное уменьшение содержания воды и цемента до возможного минимума. Однако при этих условиях значительно повышается жесткость бетонной смеси, что затрудняет ее виброуплотнение. По данным В.И. Горчакова, для получения бетона с высокой морозостойкостью необходимо, чтобы объем капиллярных пор не превышал 5...7% от общего объема бетона [3, 4].

Вибровакумирование позволяет выполнить указанные выше рекомендации, обеспечивающие повышение морозостойкости бетонов. Наряду с этим существует мнение, что удаляемая вакуумированием из бетонной смеси избыточная вода образует систему направленных капилляров, что отрицательно влияет на морозостойкость вакуумбетона.

Исходя из вышеизложенного, были проведены сравнительные испытания на морозостойкость виброуплотненных и вибровакумированных золобетонов. Из золобетонных смесей (табл. 1) путем вибрирования и вибровакумирования формовали по 12 образцов размером 15x15x7 см для определения прочности:

- в возрасте 28 суток;
- в контрольных образцах;
- при промежуточных испытаниях;
- при определении марки бетона по морозостойкости.

На морозостойкость бетоны испытывали в соответствии с требованиями ДСТУ Б В. 2.7-49-96 (ГОСТ 10060.2-95) по ускоренному методу (второй метод). Результаты испытаний бетонов на морозостойкость приведены в табл. 2.

Таблица 2
Результаты испытаний золобетонов на морозостойкость

Вид золобетона	Предел прочности при сжатии, МПа							Морозостойкость
	После 28 суток твердения	Контрольных образцов	После 3-х циклов	После 5-ти циклов	После 8-ми циклов	После 13-ти циклов	После 20-ти циклов	
Виброуплотненный из подвижной смеси	7,1	5,8	5,5	Образец разрушен				F25
Вибровакумированный	15,2	13,8				13,2	12,4	F75
Виброуплотненный из жесткой смеси	9,4	8,5		7,9	Образец разрушен			F35

Учитывая наш предыдущий опыт, при проведении испытаний образцов из виброуплотненной золобетонной смеси с ОК = 3...4 см определена их прочность при сжатии уже после 3-х циклов, они показали

марку по морозостойкости F25 (табл. 2), при дальнейших испытаниях на морозостойкость после 5-ти циклов эти образцы разрушились (рис. 2).

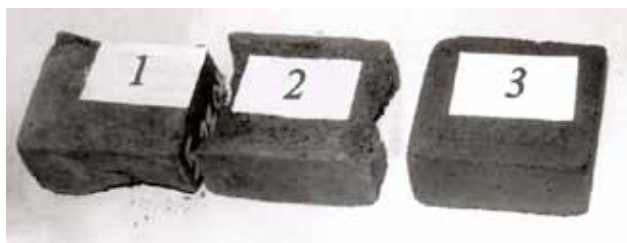


Рис. 2. Образцы из виброуплотненного и вибровакуумированного золобетонa после 5-ти циклов ускоренных испытаний: 1, 2 – виброуплотненные образцы из подвижной бетонной смеси; 3 – вибровакуумированный образец

Образцы, виброуплотненные из жесткой золобетонной смеси, были испытаны на прочность после 5-ти циклов. Они показали прочность при сжатии 7,9 МПа, что составило 96% прочности контрольных образцов. Таким образом, эти бетоны имеют морозостойкость F35 (табл. 2). После 8-ми циклов испытаний на образцах появились трещины и отколы (рис. 3).



Рис. 3. Образцы из виброуплотненного и вибровакуумированного золобетонa после 8-ми циклов испытаний: 1, 2 – виброуплотненные образцы из жесткой бетонной смеси; 3 – вибровакуумированный образец

Вибровакуумированные образцы после 13 циклов показали прочность 13,2 МПа, что составило 97% прочности контрольных образцов. Такой показатель соответствует морозостойкости F75 (табл. 2).

При продолжении испытаний на вибровакуумированных образцах после 20 циклов появились волосяные трещины, поэтому дальнейшие испытания на морозостойкость были прекращены (рис. 4). Правильность такого решения подтверждают результаты испытания этих образцов на прочность – она составила после указанного количества циклов 12,4 МПа или 90%.

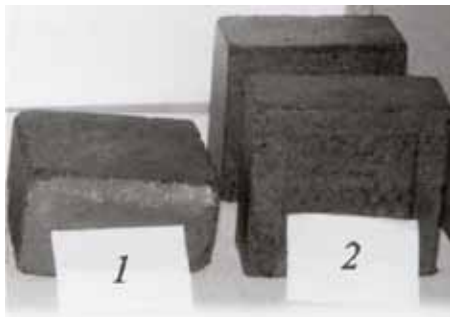


Рис. 4. Образцы из вибровакуумированного золобетона после 20 циклов ускоренных испытаний: 1 – вид образца с нижней грани; 2 – то же, с верхней грани (со стороны вакуумирования)

Таким образом, вибровакуумирование позволило повысить морозостойкость золобетон в 2 раза в сравнении с морозостойкостью виброуплотненного бетона из жесткой бетонной смеси. Золобетоны из подвижных смесей характеризуются невысокой морозостойкостью (F25).

Такое повышение морозостойкости вакуумированных золобетон объясняется не только высокой степенью уплотнения золобетонных смесей вибровакуумированием, но и большей степенью гидратации вяжущего в вакуумированных бетонах в сравнении с виброуплотненными из жестких смесей [2, 3].

Выводы. Предложены новые способ и технология производства бетонных изделий на основе золы ТЭС с применением вакуумной обработки. Вибровакуумирование позволило повысить прочность золобетон на 80...100%, а морозостойкость – в 2 раза. Предоставляется возможность за счет вакуумной обработки значительно ускорить твердение золобетона, осуществлять немедленную распалубку изделий с целью уменьшения металлоемкости (материалоемкости) формооснастки.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Ребиндер, П. А. Поверхностные явления в дисперсных системах. Физико-химическая механика [Текст]: избранные труды / П. А. Ребиндер. – М.: Наука, 1979. – 384 с.
2. Сторожук, Н. А. Вибровакуумирование бетонных смесей и свойства вакуумбетона [Текст]: монография / Н. А. Сторожук. – Д.: Пороги, 2008. – 251 с.
3. Горчаков, Г. И. Повышение морозостойкости бетона в конструкциях промышленных и гидротехнических сооружений [Текст] / Г. И. Горчаков, М. И. Капкин, Б. Г. Скрамтаев. – М.: Стройиздат, 1965. – 196 с.
4. Миронов, С.А. Теория и методы зимнего бетонирования [Текст] / Миронов С. А. – М.: Стройиздат, 1970. – 697 с.