

УДК 691.32

А. А. ШИШКИНА

Криворожский технический университет

ВЛИЯНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ ДОБАВКИ НА СВОЙСТВА ПЕНОБЕТОНА

Приведены результаты исследований свойств пенобетона при использовании комплексной добавки, состоящей из железосодержащего вещества и полиспирта. Установлено, что совместное введение полиспирта и железосодержащего компонента увеличивает прочность и снижает водопоглощение пенобетона в большей степени, чем при введении только железосодержащего компонента или только полиспирта, а также то, что оптимальное содержание полиспирта и железосодержащего компонента в пенобетоне соответствует принятому в экспериментах базовому уровню.

Определены условия повышения свойств пенобетона за счёт регулирования состава комплексной добавки, наличие которой позволит получать пенобетоны повышенной прочности при сохранении их плотности.

пена, устойчивость, пенобетон, комплексные добавки, железосодержащее вещество, полиспирт

Как известно, пенобетон образуется в результате структурообразования дисперсной системы "частицы цемента — вода — пенообразователь — пузырьки воздуха". В начальной стадии своего существования такая система представляет собой минерализованную пену [1, 2], которая со временем отвердевает. При этом отвердителями данной пены являются продукты гидратации цемента. Процессы же гидратации цемента в пенобетонах осложняются адсорбцией поверхностно-активных полярных молекул пенообразователя на его частицах [3]. Это подтверждается результатами проведённых нами экспериментов, в результате которых установлено, что при введении в пену цемента, уменьшалась её кратность и повышалась плотность пенобетонной смеси. Следовательно, часть молекул пенообразователя, адсорбируясь на поверхности частиц цемента, не принимают участие в образовании воздушных пузырьков, а лишь тормозят процессы гидратации цемента, создавая вокруг его частиц оболочку, препятствующую их контакту с водой.

Анализ литературных данных [4, 5] показал, что пенообразователи адсорбируются на минеральных веществах избирательно. При этом наилучшими собирателями пенообразователей являются ионы железа [4, 5] и, как следствие, железосодержащие вещества. Следовательно, введение в пенобетон железосодержащих веществ приведет к снижению концентрации пенообразователя вокруг зерен цемента, и, как следствие, обеспечит повышение степени его гидратации.

Укрепление же стенок пор пенобетона изнутри, очевидно, можно достичь введением в систему полиспирта. Так как полиспирт относится к пеногасителям [6], можно предположить, что он будет "всплывать" (проникать) внутрь воздушного пузырька и, вытесняя с его поверхности молекулы пенообразователя, закрепляться на внутренней его поверхности. А так как, согласно данным [7], полиспирты способны вступать во взаимодействие с оксидами многовалентных металлов (в том числе оксидами кальция и железа) с образованием достаточно устойчивых и прочных соединений, следовательно, оксиды кальция, которые образуются в процессе гидратации цемента и, как следствие, находятся, в том числе, и на внутренней поверхности воздушного пузырька, будут на ней образовывать кальциевые соли полиспирта, которые укрепят внутреннюю поверхность стенки воздушного пузырька.

Согласно результатам исследований по обогащению полезных ископаемых методом флотации [4], пенообразователи вступают в реакцию с соединениями железа, образуя минерально-органические вещества, которые также будут закрепляться на стенках воздушного пузырька.

В результате указанных процессов, при введении в пенобетон железосодержащего вещества и полиспирта, стенки воздушных пузырьков пенобетона будут изнутри укреплены как продуктами взаимодействия пенообразователя с соединениями железа, так и продуктами реакции полиспирта с оксидами кальция и соединениями железа. Это обеспечит повышение прочности пенобетона, снижение его водопоглощения и усадки, т.е. основных эксплуатационных свойств. Данные теоретические положения были приняты за основу выполненных исследований.

Целью проведенных исследований было определение влияния комплексной добавки, представляющей собой систему "железосодержащее вещество – полиспирт" на основные свойства пенобетона.

Так как состав продуктов гидратации цемента является определяющим фактором формирования структуры любой цементной системы, в первой группе экспериментов изучалась зависимость состава продуктов гидратации дисперсной системы "цемент – железосодержащее вещество – полиспирт – вода – пенообразователь" от содержания в ней комплексной добавки, состоящей из железосодержащего вещества и полиспирта. В качестве железосодержащего вещества использовались горные породы Криворожского железорудного месторождения.

Так как однозначное определение состава кристаллических новообразований цементного камня рентгеновским методом затруднено в связи с тем, что линии образовавшихся гидратных минералов перекрываются на рентгенограмме линиями не гидратированных зерен клинкера, состав новообразований уточнялся дифференциально-термическим анализом.

В условиях эксперимента при гидратации портландцемента ОАО "Кривой Рог цемент" в нормальных условиях, как показал рентгенофазовый анализ (рис. 1а), образуются гидрат окиси кальция $Ca(OH)_2$, кальцит $CaCO_3$, гидросиликаты кальция, фошагит ($4CaO \cdot 3SiO_2 \cdot H_2O$), ксонотлит C_3S_5H и этtringит $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 3CaSO_4 \cdot 32H_2O$, при незначительном содержании тоберморита $C_4S_5H_5$. При этом отмечается наличие не гидратированных зерен алита и белита.

В условиях эксперимента при гидратации в нормальных условиях того же цемента, содержащего комплексную добавку не зависимо от количества добавки, по данным рентгенофазового анализа (РФА) (рис. 1б, 1в, 1г), в затвердевшем цементном камне установлено наличие $Ca(OH)_2$, $CSH(B)$, гидрокарбоалюмината кальция ($3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot CaCO_3 \cdot 10H_2O$), гематита – Fe_2O_3 и тоберморита $C_4S_5H_5$.

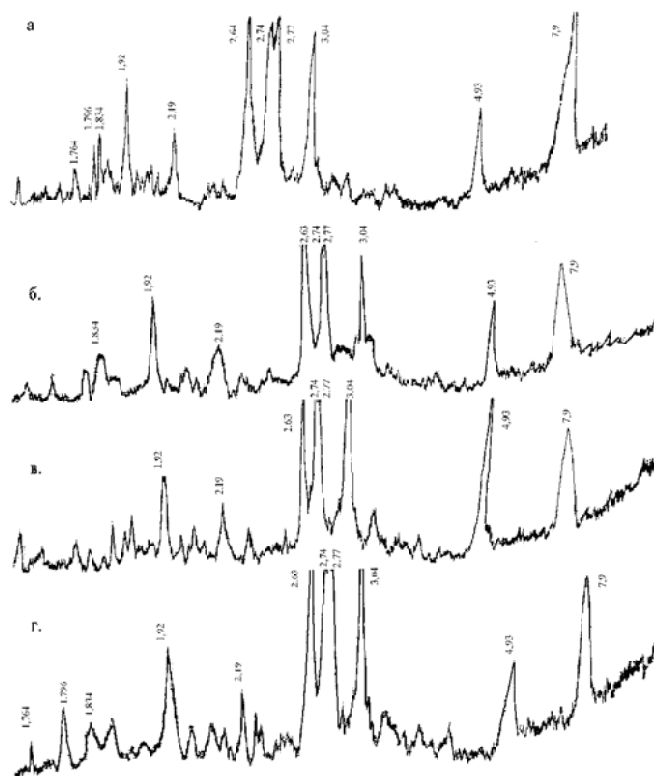


Рисунок 1 – Рентгенограммы: а – исходного цемента в возрасте 28 суток; б – цемента, содержащего 0,5% комплексной добавки в возрасте 28 суток; в – то же 0,55 %; г – то же 0,6%.

Кроме того, в данном случае в продуктах гидратации цемента присутствуют $CaCO_3$, C_3S , $\beta-C_2S$, $\beta-C_4FH_{13}$ ($d=0,79, 0,386, 0,288$ нм) и $\alpha-C_4FH_{13}$ ($d = 0,82$ нм). На рентгенограмме цементного камня данного состава также присутствуют линии, которые принадлежат трехкальциевому монокарбонатному гидроферриту $3CaO \cdot Fe_2O_3 \cdot CaCO_3 \cdot 12H_2O$ ($d = 0,76; 0,38; 0,286$ нм), что подтверждено данными проведенного дифференциально-термического анализа (ДТА) (рис. 2), и линии ($d = 0,93; 0,554$ нм) по которым не представилась возможность идентифицировать ни одно из известных соединений.

Таким образом, введение в состав портландцемента комплексной добавки, состоящей из железосодержащего вещества и полиспирта, приводит к образованию такого специфичного для данной системы минерала, как трехкальциевый монокарбонатный гидроферрит. При этом максимальное его количество образуется при содержании комплексной добавки в количестве 0,5 % от массы цемента (рис. 1).

В тоже время, методами РФА и ДТА установить наличие продуктов взаимодействия полиспирта с оксидами кальция не удалось. Для подтверждения наличия данного вида соединений, а также научной гипотезы исследований, были проведены эксперименты, подтверждающие наличие продуктов взаимодействия полиспирта с оксидами многовалентных металлов (кальция и железа) косвенным методом, путем определения характеристик и свойств пенобетона, которые формируются под действием указанных новообразований.

Для установления наличия таких соединений были принято, высказанное ранее, положение о том, что они создают плотную и прочную оболочку вокруг воздушных пор, переводя их основную массу в замкнутые. Как следствие этого:

1. бетон должен иметь несколько повышенную плотность за счет "захвата" молекул воды в его замкнутых воздушных порах;

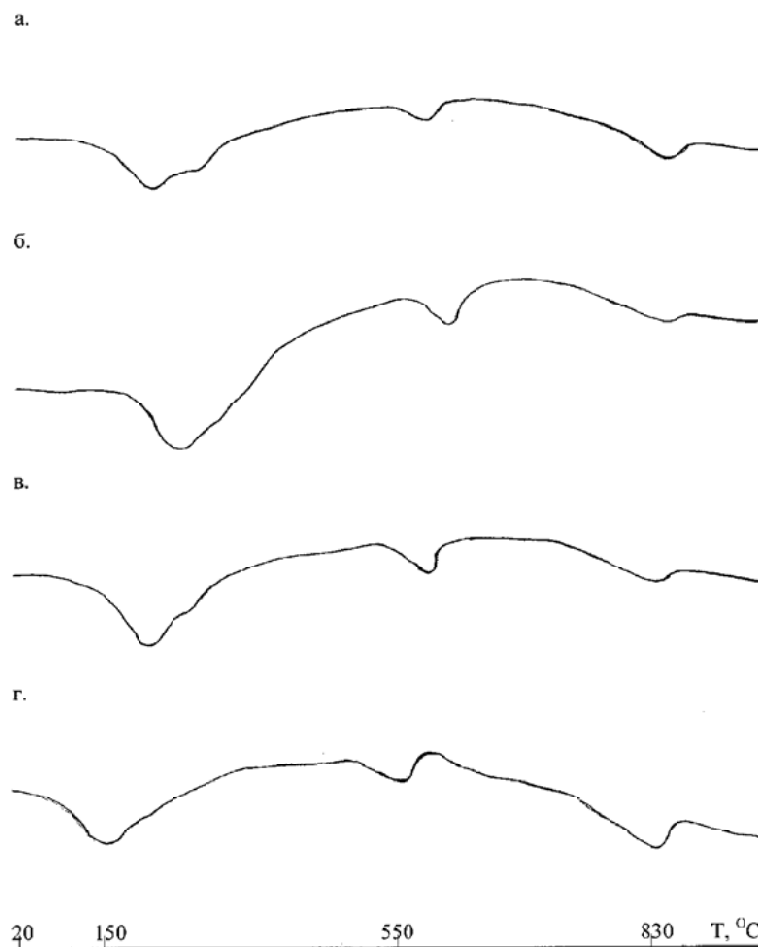


Рисунок 2 – Термограммы: а – исходного цемента в возрасте 28 суток; б – цемента, содержащего 0,5% комплексной добавки в возрасте 28 суток; в – то же 0,55 %; г – то же 0,6%.

2. бетон должен иметь пониженную усадку, которой препятствуют плотные и жесткие оболочки вокруг пор;

3. водопоглощение бетона должно быть пониженным относительно водопоглощения бетона, не содержащего комплексную добавку;

4. бетон должен иметь повышенную прочность. При этом эффективность влияния добавки на прочность бетона должна возрастать с увеличением его пористости, т.е. уменьшением плотности.

Проведенными исследованиями установлено, что плотность пенобетона, содержащего комплексную добавку, выше плотности, а усадка и водопоглощение ниже, чем у пенобетона, не содержащего добавок (рис. 3, 4, 5).

Как показали результаты экспериментов, относительная прочность бетона с введением комплексной добавки возрастает с увеличением пористости (уменьшением плотности) бетона (рис. 6). Кроме этого, с увеличением плотности (уменьшением пористости) снижается оптимальное

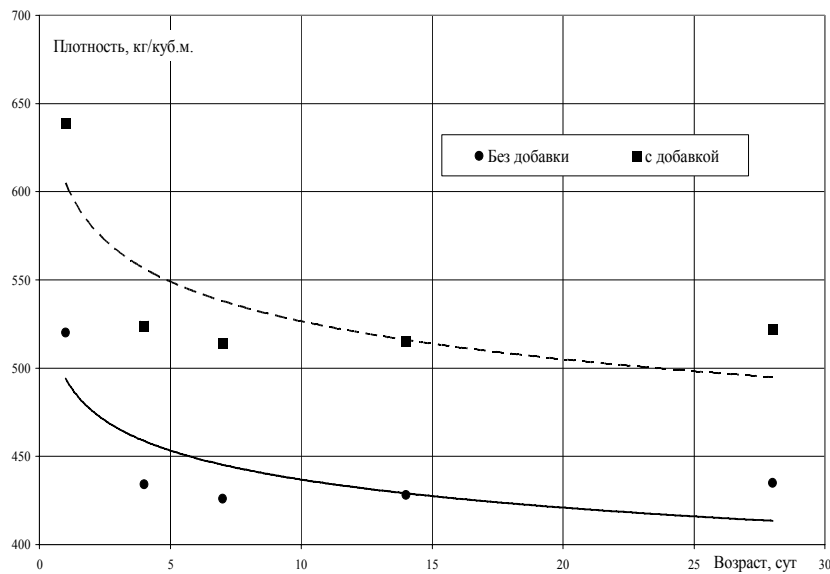


Рисунок 3 – Изменение плотности пенобетона во времени.

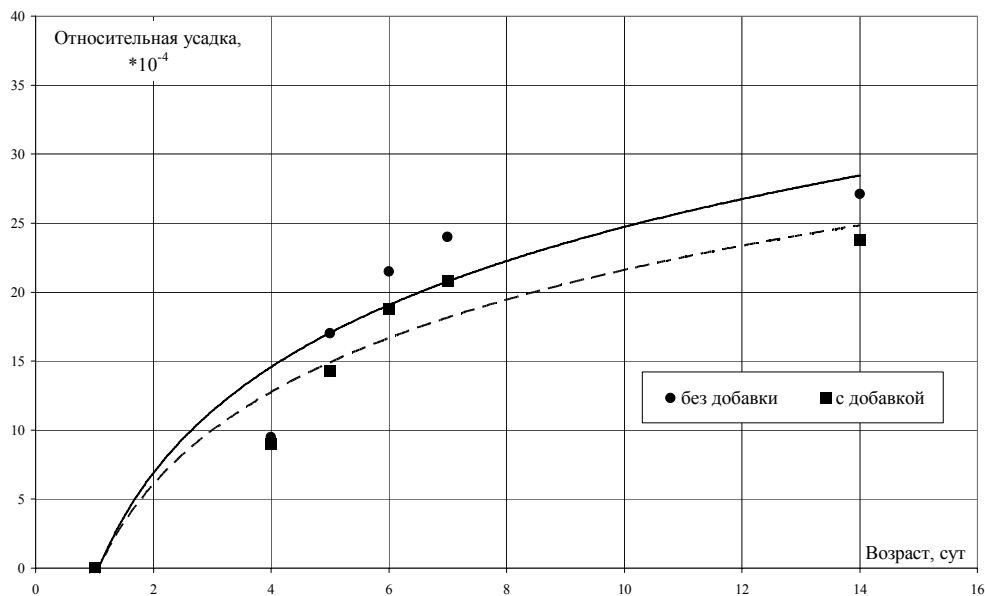


Рисунок 4 – Изменение усадки пенобетона во времени.

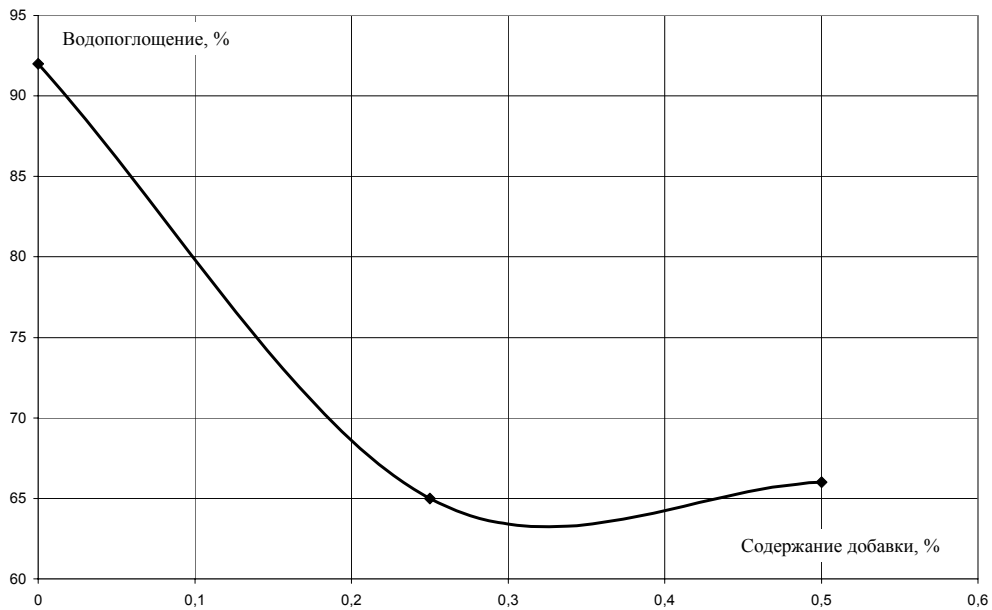


Рисунок 5 – Влияние количества добавки на водопоглощение пенобетона.

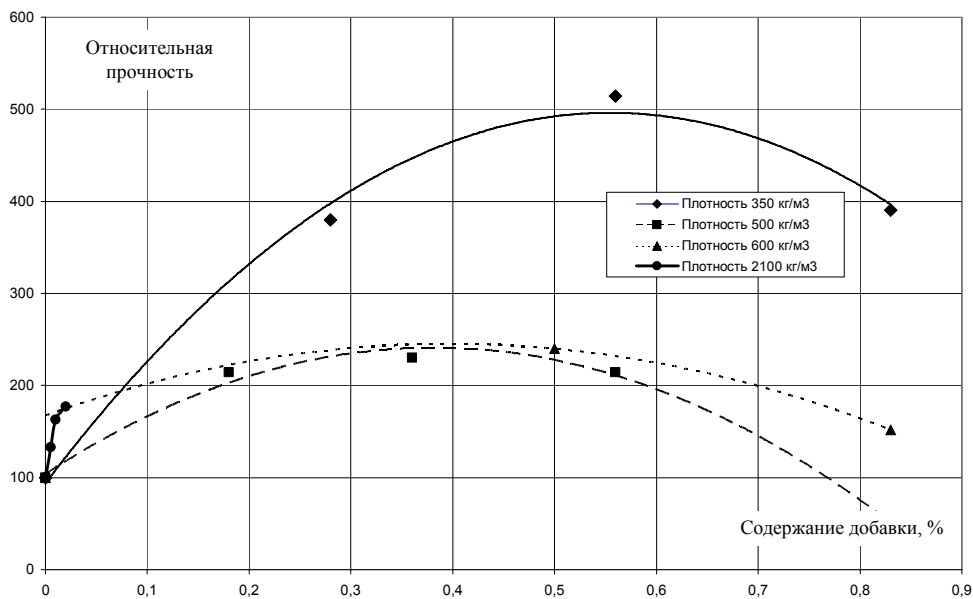


Рисунок 6 – Влияние количества добавки на величину относительной прочности бетона.

содержание комплексной добавки в бетоне.

Таким образом, проведенными экспериментами доказано:

1. образование минералов, содержащих значительное количество химически связанной воды на основе железа;
2. образование плотных и прочных оболочек вокруг воздушных пор в бетоне, т.е. подтверждена научная гипотеза исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Меркин А.П., Непрочное чудо. / А.П.Меркин, П.Р.Траубе. – М.: Химия, 1983. – 224 с., ил.
2. Глембицкий В.А. Флотация железных руд. / В.А Глембицкий, Г.А.Бехтля. – Недра, 1964.
3. Стольников В.В. – Воздухововлекающие добавки в гидротехническом бетоне // В.В. Стольников // Под редакцией Рибендера П.А. – Л.: Государственное энергетическое издательство, 1953. – 168 с.
4. Вопросы теории и технологии флотации: Труды института Механобр. – Вып. 124. – Л.: Отраслевое бюро

- технической информации института Механобр, 1959. — 392 с.
5. Липатников В.Е. Физическая и коллоидная химия. / В.Е. Липатников, К.М.Казаков. — М.: Высш. шк., 1968. — 172 с.
 6. Воюцкий С.С. Курс коллоидной химии. / С.С. Воюцкий — Учеб. для вузов — Изд. 2-е, перераб. и доп. — М.: Химия, 1975. — 512 с.
 7. Артеменко А.И. Органическая химия / А.И. Артеменко. — М.: Высшая школа, 1987. — 430 с.
 8. Лукьянов А.Б. Физическая и коллоидная химия. / А.Б. Лукьянов. — М.: Химия, 1980. — 224 с.

О. О. ШИШКИНА

ВПЛИВ КОМПЛЕКСНОЇ ДОБАВКИ НА ВЛАСТИВОСТІ ПІНОБЕТОНУ

Криворізький технічний університет

Приведені результати досліджень властивостей пінобетону при використанні комплексної добавки, що складається із залізовмісної речовини і поліспирту.

Встановлено, що спільне введення поліспирту і залізовмісного компоненту збільшує міцність і знижує водопоглинання пінобетону більшою мірою, ніж при введенні лише залізовмісного компоненту або лише поліспирту, а також що оптимальний вміст поліспирту і залізовмісного компоненту в пінобетоні відповідає прийнятому в експериментах базовому рівню.

Визначені умови підвищення властивостей пінобетону за рахунок регулювання складу комплексної добавки, наявність якої дозволить отримувати пінобетони підвищеної міцності при збереженні їх щільності.

піна, стійкість, пінобетон, комплексні добавки, залізовмісні речовини, поліспирт

O. O. SHISHKINA

INFLUENCE OF COMPLEX ADDITIVES ON OF CONCRETE FOAM PROPERTIES

Krivorozhsk Engineering University

The results of properties of concrete foam researches are while using of complex additive consisting of iron substance poly alcohol.

It is established that joint introduction of poly alcohol and iron component increases durability and reduces absorption of concrete foam in a greater degree, than only poly alcohol water as well as optimum poly alcohol contents in the concrete foam corresponds to the base level accepted in experiments.

Increasing conditions of concrete foam properties at the expense of complex additive composition the presence of which will allow to get foam concretes high durability while their density saving.

suds, stability, foam are concrete, complex additives saving of iron substance poly alcohol

Шишкіна Олександра Олександрівна — аспірант кафедри технології будівельних виробів, матеріалів та конструкцій Криворізького технічного університету. Наукові інтереси: будівельні матеріали та вироби.

Шишкіна Александра Александровна — аспірант кафедри технологии строительных изделий, материалов и конструкций Криворожского технического университета. Научные интересы: строительные материалы и изделия

Shishikina Olexandra Olexandrivna — a post graduate student of the "Technology of Building Wares, Materials and Structures" Chair of Krivorozhsk Engineering University, Scientific interests: building materials and wares.