

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАВ И НАПОЛНИТЕЛЕЙ НА СВОЙСТВА ПЕНОБЕТОНА НЕАВТОКЛАВНОГО ТВЕРДЕНИЯ

Мартынов Е.В., Орлов Д.А. (Одесская государственная академия строительства и архитектуры)

В статье приводятся результаты экспериментов по изучению влияния ПАВ на активность цементного камня, изменение пустотности кварцевого и карбонатного песков и их смесей, а также, влияние наполнителей различной природы на свойства пенобетона.

Широкому использованию пенобетона неавтоклавного твердения в современном строительстве препятствует ряд недостатков этого материала. В частности, это относится к низкой прочности и высокой технологической влажности. Пониженная прочность пенобетоном объясняют за счет действия ПАВ, препятствующей гидратации цемента и повышенному водозатворению [1].

В статье приводятся результаты экспериментов по изучению:

- влияние ПАВ на активность цементного камня, как материала формирующего межпоровые перегородки пенобетона;
- влияние ПАВ на изменение пустотности кварцевого и карбонатного песков и их смесей, как наполнителей для пенобетона;
- влияние наполнителей различной природы на свойства пенобетона, в частности, связанные с влагосодержанием.

С целью изучения влияния количества поверхностно-активного вещества на активность растворной смеси, был проведен двухфакторный эксперимент с применением математических методов планирования эксперимента. В качестве переменных факторов были выбраны:

X_1 – водопотребность растворной смеси;

X_2 – количество поверхностно-активного вещества, %.

За счет фактора (X_1) регулировали реологические характеристики среды. Выбор фактора (X_2) основан исходя из анализа литературных данные по изучению влияния ПАВ на активность вяжущих веществ, который свидетельствует о снижении прочности композиционных строительных материалов при введении ПАВ. Таким образом, принятое количество ПАВ 0,15 - 0,3 % от массы вяжущего, охватывает диапазон плотностей пенобетона от 300 до 700 кг/м³.

Сведения о факторах, интервалах и уровнях варьирования приведены в табл. 1.

Таблица 1.

№ п.п.	Наименование фактора	Код фактора	Ед. измерения	Уровни варьирования			Интервал варьирования
				-	0	+	
1	X_1 – водопотребность растворной смеси	В	дол. ед.	0,4	0,5	0,6	0,1
2	X_2 – количество ПАВ	П	%	0	0,15	0,3	0,15

В качестве материалов использовали: портландцемент М400 Одесского цементного завода и поверхностно-активное вещество как основной компонент, содержащийся в пенообразователе ПБ-2000 (г. Иваново, Россия).

Согласно, плана эксперимента, были изготовлены 9 форм образцов балочек с размерами 4x4x16 см. Образцы хранились в камере нормального твердения с температурой 20 ± 2 °С и 95 %-ой влажностью. После 28-ми дневной выдержки образцы подвергали испытанию на прочность при сжатии.

По данным, полученным в результате испытаний были построенные графические зависимости представлены на рисунках 1-3

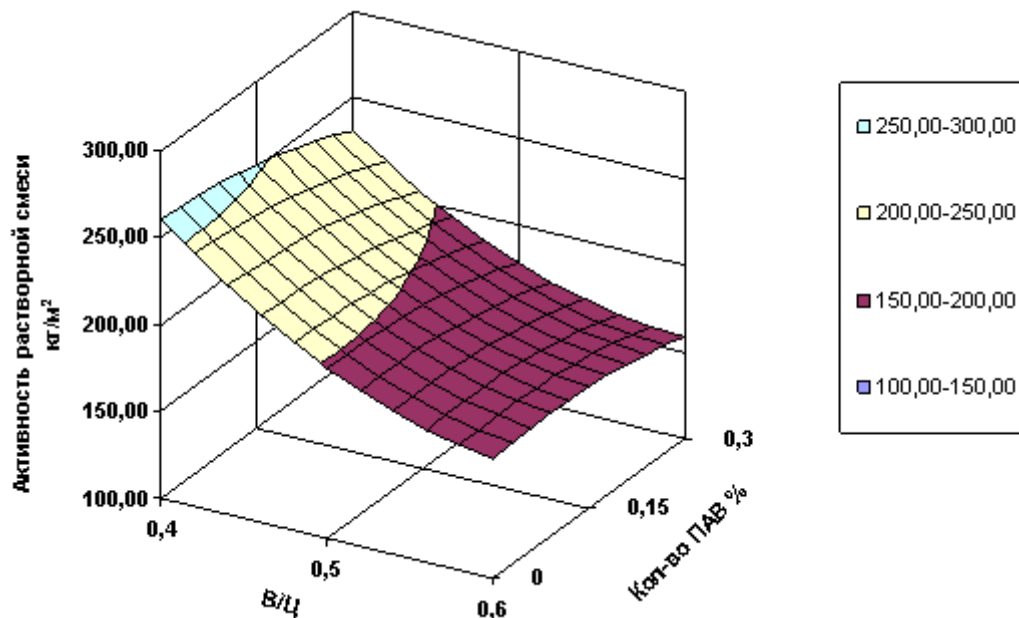


Рис.1. Исоповерхность активности растворной смеси.

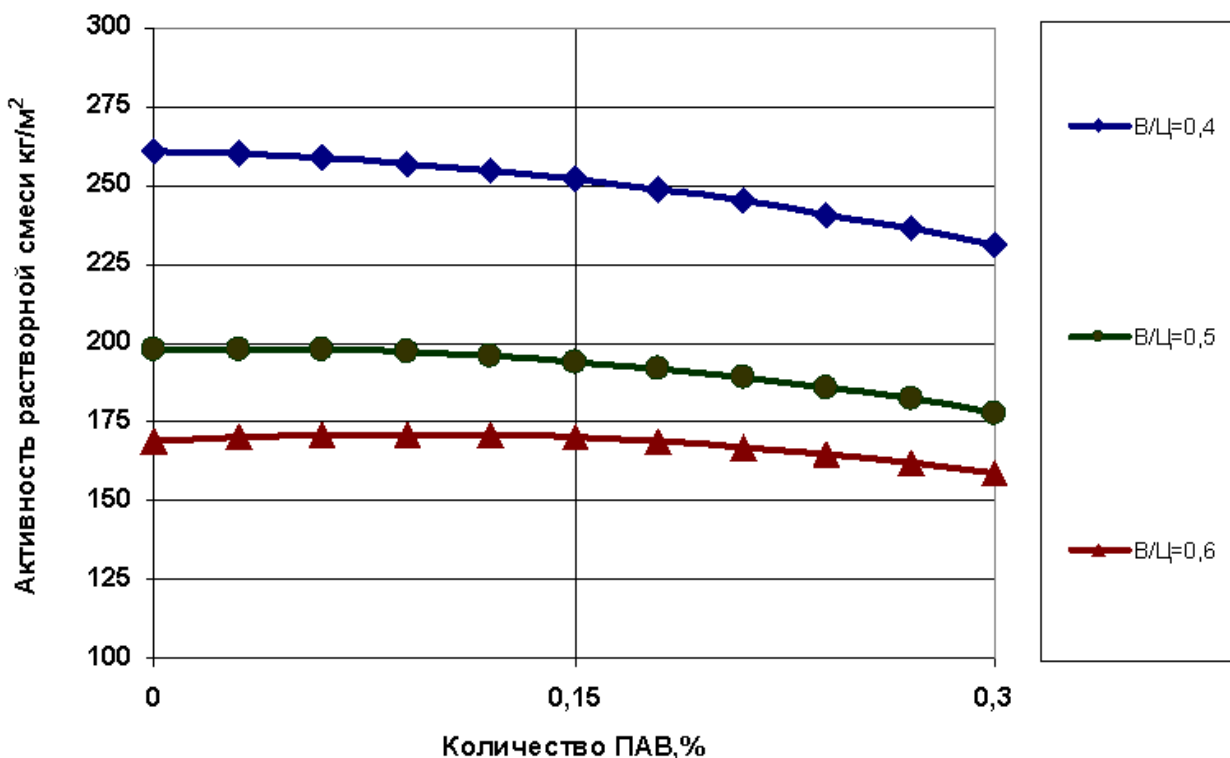


Рис.2. Влияние количества ПАВ на активность растворной смеси.

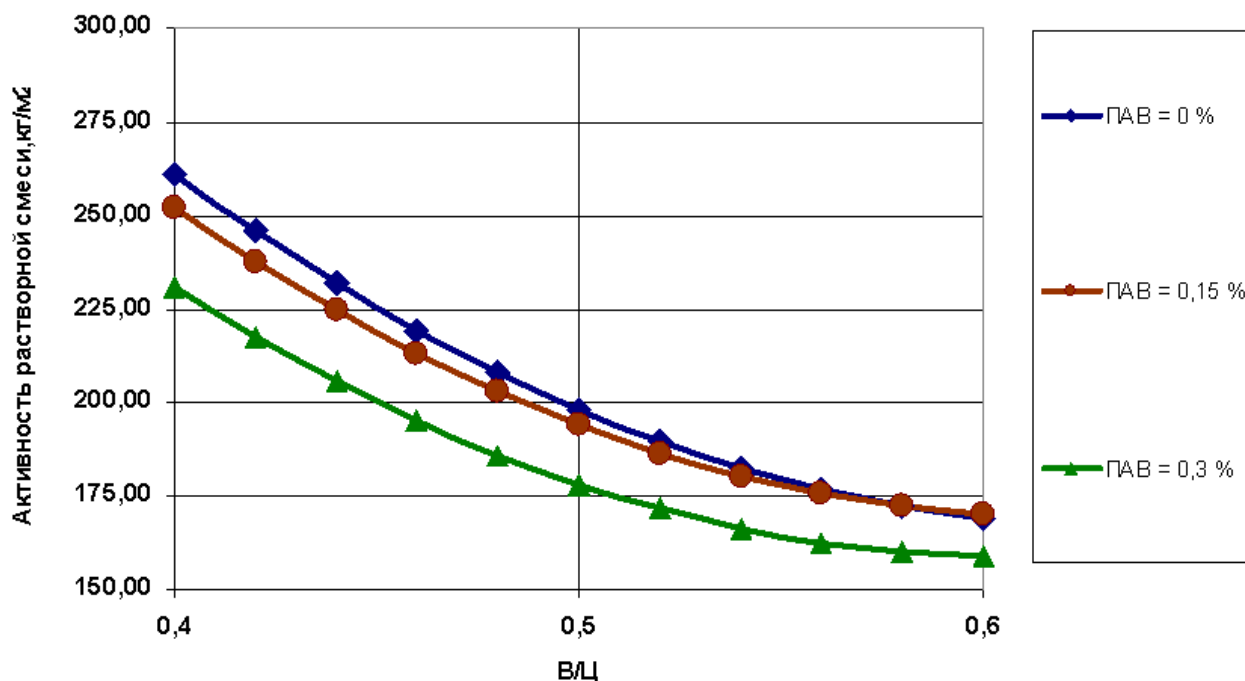


Рис.3. Влияние водопотребности на активность растворной смеси.

Анализ полученных данных, показывает, что увеличение количества поверхностно-активного вещества не значительно снижает активность растворной смеси, при этом влияние ПАВ становится менее существенным с увеличением водопотребности смеси.

Для решения следующих задач были реализованы два эксперимента. В первом изучалось влияние влажности и поверхностно-активного вещества на свойства наполнителей. В качестве ПАВ выступал пенообразователь ПБ-2000, бинарный наполнитель состоял из смеси кварцевого и карбонатного наполнителей в их различных соотношениях.

Для осуществления эксперимента были отобраны навески с различным соотношением кварцевого и карбонатного наполнителей и определены значения их насыпной плотности в следующих состояниях: высушенном до постоянной массы, с влажностью бинарного наполнителя 5%, с влажностью 10% и влажностью 10% с добавкой 2 % поверхностно-активного вещества (не вспененного пенообразователя ПБ-2000).

По полученным значениям насыпной и истинной плотности, для каждого вида бинарного наполнителя были посчитаны значения пустотности.

Истинная плотность определялась методом Ле-Шателье.

Результаты исследований отображены на рисунке 1.

В ходе эксперимента было определено, что введение ПАВ значительно снижает пустотность бинарного наполнителя.

Как видно на графике характер кривых пустотности биминерального наполнителя в различных состояниях влажности практически идентичен – пустотность увеличивается по мере увеличения содержания карбонатного наполнителя.

Однако введение ПАВ изменяет характер кривой пустотности. В области наполнителей содержащих от 50 до 90 % карбонатного наполнителя отмечается резкое снижение пустотности бинарного наполнителя.

Аппроксимирование кривой пустотности биминерального наполнителя позволило описать ее логистическим уравнением:

$$P = \frac{8,34 - 24,3 \cdot H + 18,3 \cdot H^2}{0,36 - 0,95 \cdot H + 0,65 \cdot H^2}$$

где P – пустотность, %;

H – доля карбонатного наполнителя в смеси наполнителей.

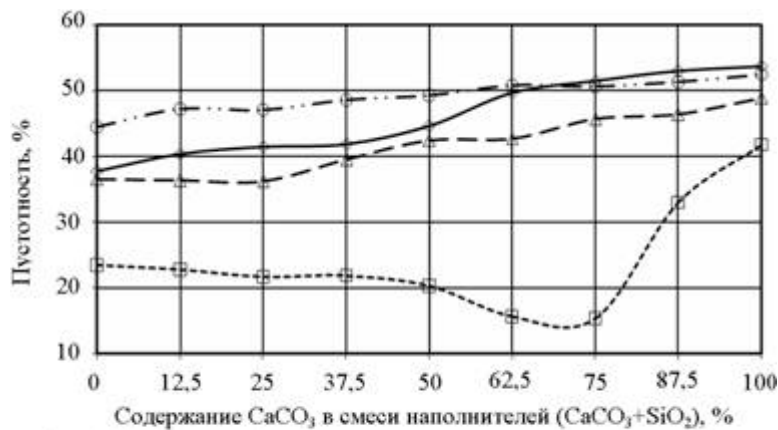


Рис.4. Пустотность бинарного наполнителя в различных состояниях влажности и в присутствии ПАВ:

—◇— влажность – 0 %; --△-- влажность – 5 %;
 -○- влажность – 10 %; -□- влажность – 10 % + 2 % ПАВ.

Следующей частью работы было исследование влияния бинарного наполнителя на свойства пенобетона с использованием методов математического планирования эксперимента [2, 3].

В эксперименте в качестве применяемых материалов использовали: бездобавочный цемент производства ОАО «Балцем» (г. Балаклея, Харьковская область) марки М500, в качестве кремнеземистого наполнителя применяли кварцевый песок, просеянный через сито 0,63. Истинная плотность – 2,65г/см³. В качестве второго наполнителя применялся карбонатный песок, просеянный через сито 0,63, получаемый из отходов камнепиления известняка-ракушечника. Пенообразователь синтетический ПБ-2000, производство ОАО «Ивхимпром» (Россия, г. Иваново). Водой затворения служила водопроводная вода городского водопровода температурой 20±2⁰С

Варьируемыми факторами были: первый - содержание наполнителя в смеси с цементом, второй - вид наполнителя. Кварцевый наполнитель в виде песчаных фракций, является инертным. Однако, при увеличении дисперсности, кроме обычных функций – снижение водопотребности, повышение удобоукладываемости, увеличение трещиностойкости и экономии вяжущего, он также начинает проявлять эффект активной составляющей. Мелкие частички кремнезема служат дополнительными центрами кристаллизации [4].

Карбонатный наполнитель, в свою очередь, способствует уменьшению водоотделения, водопотребности и расслаиваемости смеси, повышению водоудерживающей способности, пластичности, однородности, снижению усадки, а также повышает водо-, морозо- и кислотостойкость раствора. Кроме того, важной особенностью карбонатных пород является то, что они не инертны, и вступают в активное физико-химическое взаимодействие с клинкерными минералами цемента [5].

Варьировалась общая доля зерен наполнителя в сухой смеси с цементом (0.25 ± 0.20) и массовое соотношение между песком кварцевым (-1) и известняковым (+1), причем их отношение 1:1 соответствовало уровню «0».

Для оценки влияния количества и вида наполнителя были построены однофакторные зависимости свойств.

На графиках однофакторных зависимостей были добавлены кривые, проходящие через центр эксперимента, что позволяет выявить асимметричность действия комплекса факторов состава.

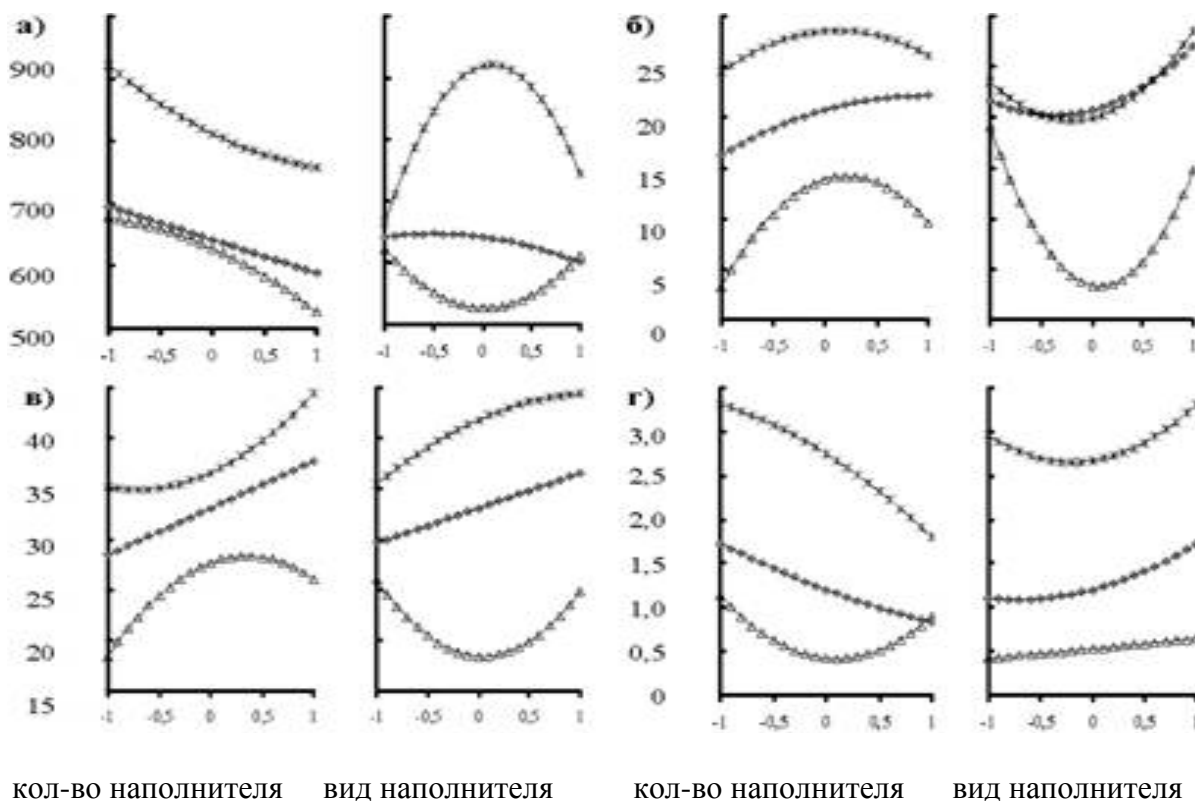


Рис. 2. Однофакторные зависимости: а) плотности в сухом состоянии, $\text{кг}/\text{м}^3$; б) влажности, %; в) водопоглощения, %; г) прочность в сухом состоянии, $\text{кг}/\text{см}^2$.

Увеличение содержания наполнителя в зоне «0» и зоне минимальных значений приводит к снижению плотности (рис 2.а). При рассмотрении влияния вида наполнителя, видно, что для зоны низких плотностей минимальное значение плотности достигается при использовании комбинации из двух наполнителей – кварцевого и карбонатного песков. Однако эта же комбинация соответствует максимальному значению плотности в зоне повышенных значений.

Снижение влажности и водопоглощения направлено от карбонатного к силикатному песку в сторону снижения количества наполнителя в пенобетонной смеси (в точке «0»). При этом в зоне минимальных значений водопоглощения точка минимума наблюдается в смеси карбонатного и силикатного наполнителей в соотношении 1:1 (рис. 2.в). Аналогичное поведение кривой наблюдается в точке минимума влажности (рис. 2.б).

На однофакторных зависимостях (рис. 2.г) показано влияние факторов на прочность пенобетона в сухом состоянии. Содержание наполнителя во всех зонах ведет к снижению прочностных характеристик. Интерес представляет влияние вида наполнителя. Так, в зоне минимальных значений минимум прочности располагается в зоне «0», т.е. при использовании бинарного наполнителя в соотношении 1:1 CaCO_3 и SiO_2 .

Выводы

1. Введение поверхностно-активного вещества приводит к резкому снижению плотности, что свидетельствует о более плотной упаковке зерен наполнителя.
2. Проведенный эксперимент показал целесообразность использования бинарных наполнителей для повышения свойств пенобетона.

Литература

1. Меркин Л.П., Кобидзе Т.Е. Особенности структуры и основы технологии получения эффективных пенобетонных материалов // Строит, материалы. 1988. № 3. С. 16-18.
2. Вознесенский В.А. Статистические методы планирования эксперимента в технико-э