УДК 666.973

СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЕ ПЕНОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

Моргун Л.В[1]., *д.т.н., профессор,* **Моргун В.Н.[2],** *к.т.н., доцент*

[1]Ростовский государственный строительный университет
[2]Южный федеральный университет

Пенобетонные смеси – вязко-пластичные дисперсные системы, в которых плотность слагающих их компонентов различается более чем на два порядка. Сцепление между дисперсными частицами твердой и газовой фаз осуществляется поверхностными силами, развивающимися в дисперсионной среде - воде. Вода – та среда, в которой в результате химического взаимодействия между нею и клинкерными минералами цемента с течением времени образуется твердая фаза, обеспечивающая прочностные свойства пенобетона.

Для качества затвердевших бетонов особенно важны свойства воды в начальный период структурообразования, поскольку в пенобетонных смесях она является тем объединяющим компонентом, свойства которого управляют агрегативной устойчивостью смесей и предопределяют меру дефектности затвердевших бетонов.

Главные особенности воды проявляются в ее зависимости от температуры и давления, производных термодинамических функций. Плотность воды уменьшается при повышении и понижении температуры относительно +4°С. При $+4^0$С все водородные связи между тетрогидролями изогнуты. Изгиб связей уплотняет структуру воды. Эти свойства обеспечивают минимальный объем каркаса и максимальную плотность воды. Плотность воды проходит через максимум при температуре $3{,}98^0$С (рисунок 1).

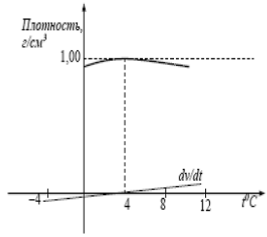

Рисунок 1 – Плотность воды в зависимости от температуры (*dv/dt* – изменение объема данного количества воды с температурой) [1, 2]

Известно, что одним из условий получения фибропенобетона высокого качества является устойчивость пены в начальный момент структурообразования. В этот момент необходимо, чтобы пенные пленки были не только упругими, но и имели высокую поверхностную вязкость, которая, препятствовала бы истечению жидкости из пены по каналам Плато-Гиббса. Исследования, проведенные различными учеными, показали, что температура воды оказывает влияние на воздухововлекающие свойства [3] и устойчивость пленок ПАВ [4]. Чем ниже температура жидкой фазы, тем более устойчивыми оказываются пенные пленки. А это особенно важно в технологии пенобетонов, поскольку понижение температуры воды затворения приведет к понижению первоначальной температуры фибропенобетонной смеси, что создаст благоприятные условия для повышения устойчивости пенных пленок и, как следствие повысит агрегативную устойчивость пеносмеси.

А.В. Киреев [5], считает, что понижение температуры воды уменьшает тепловое движение её молекул и, следовательно, увеличивает положительную адсорбцию, то есть способность ПАВ переходить из объема на поверхность раздела фаз «газ-жидкость», понижая поверхностное натяжение жидкости, тем самым уменьшая количество ПАВ во внутренних слоях фибропенобетонной смеси. Молекулы ПАВ, находящиеся в поверхностном слое жидкости, стремятся расположиться упорядоченно. Такая упорядоченность, по мнению А.В Киреева, зависит от температуры воды и от концентрации молекул ПАВ в поверхностном слое (адсорбции). Чем ниже температура воды, тем выше концентрация молекул ПАВ в поверхностном слое, и тем более упорядоченно они расположены. Молекулы ПАВ, расположенные в поверхностном слое жидкости, создают силовое поле, под действием которого происходит адсорбция молекул окружающего газа. Чем больше молекул ПАВ в поверхностном слое жидкости, тем выше значение силового поля.

Образованию устойчивых и механически прочных пен благоприятствует повышение поверхностного натяжения воды, увеличение её вязкости, и уменьшение её летучести (увеличение максимальной плотности) [5]. При нагревании любого вещества его теплоемкость повышается пропорционально увеличению температуры [1,2]. Только у воды другой характер этой зависимости (рисунок 2) [2]. Изменение теплоемкости воды с повышением температуры аномально. От 0ºС до +37ºС теплоемкость падает, не смотря на то, что вода становится жидкостью и только после +37ºС начинается повышение (рисунок 2) [2].

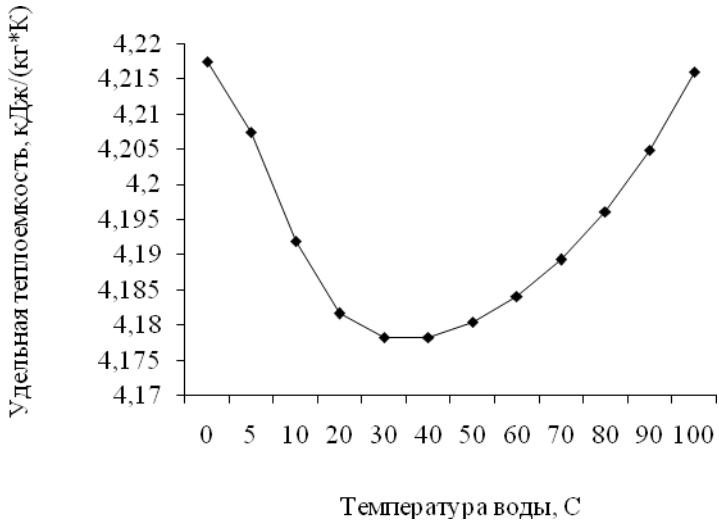

Рисунок 2 - Термозависимость удельной теплоемкости воды [2]

Удельная теплоемкость веществ характеризует количество энергии, которую необходимо сообщить/отобрать, для того, чтобы увеличить/уменьшить температуру одного килограмма вещества на один градус Кельвина.

Таким образом, понижая температуру воды, мы увеличиваем ее теплоемкость, то есть способность аккумулировать тепло. В процессе твердения фибропенобетонов такая способность воды способствует более полному прохождению всех процессов взаимодействия между компонентами, так как рассеяние тепловой энергии в окружающую среду в таком случае минимальны.

В технологии пенобетонов чрезвычайно важно, чтобы жидкие кристаллы пленок ПАВ обладали достаточной устойчивостью в период преобладания вязких связей между компонентами твердой фазы и, таким образом способствовали понижению дефектности межпоровых перегородок пенобетона при переходе от вязких связей к упругим.

Поскольку пенобетонные смеси являются сильно обводненными и высокодисперсными системами, то параметры тепловыделения, выраженные через температуру отвердевающих смесей, позволят судить не только о скорости протекания гидратационных процессов, но и особенностях формирования структуры их межпоровых перегородок.

На рисунке 3 представлены результаты контроля температуры пенобетонных смесей, уложенных в термоизолированные сосуды одинаковой емкости. Из данных графика следует, что смеси, полученные на воде с температурой $+4^0$С, имеют начальную температуру 16…17^0С и плавно разогреваются в течение 10…11 часов до достижения ими температуры $+42^0$С. Смеси, затворенные водой с температурой $+20^0$С, имеют начальную температуру 30…32^0С и в течение первых 4,5…5,0 часов их температура понижается до $+26^0$С. А только затем начинает повышаться, достигая своего максимума к 10 часам от момента затворения водой. Причем, величина этого максимума практически равна той начальной температуре, которую смеси имели в момент завершения процесса перемешивания.

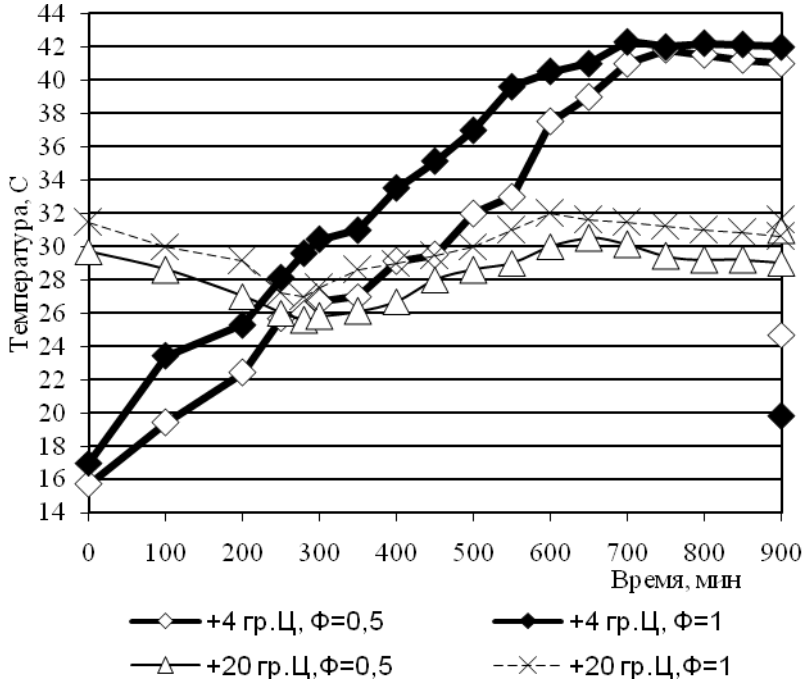

Рисунок 3 - Влияние начальной температуры воды затворения на температуру фибропенобетонных смесей при твердении

Полученные результаты свидетельствуют о существенных различиях, возникающих в процессах гидратации вяжущего и структурообразовании пенобетонных смесей при изменении термодинамических

свойств воды. Полагаю, что понижение температуры смесей, затворенных водой с температурой $+20^0$С, свидетельствует о том, что в их структуре параллельно процессам адсорбции и гидратации протекают некие деструктивные процессы, способствующие поглощению энергии, выделяемой цементными минералами. Пенобетонные смеси, затворенные водой с температурой $+4^0$С, в течение 10…11 часов увеличивают свою температуру, что свидетельствует о конструктивности, протекающих в них процессов. Следовательно, понижение температуры воды затворения положительно влияет на структурообразование пенобетонных смесей и способствует получению высококачественных пенобетонов.

Summary

Theoretically proved and experimentally confirmed positive effect of cold water on the rate of phase transition foam concrete mixes "of the viscous to solid"

Литература

1. Петрова Л.В., Калюкова Е.Н. Химия воды**.** Учебное пособие. – Ульяновск: УлГТУ, 2004. – 48 с.

2. Зацепина Г.Н. Физические свойства и структура воды. М.: Изд. МГУ, 1987. – 171 с.

3.Перцев В.Т. Управление процессами раннего структурообразования бетонов/ Дисс. на соиск. уч. ст. д.т.н**.** – Воронеж, Т.1, 2001.- 433 с.

4.Шароварников А.Ф., Шароварников С.А. Пенообразователи и пены для тушения пожаров. Состав. Свойства. Применение. – М.: Пожнаука, 2005. – 335 с.

5. Киреев В.А. Краткий курс физической химии. М.:Химия, 1970. – 638 с.