

**Особенности применения углеродных наноматериалов  
в конструкционно-теплоизоляционных пенобетонах**

Батяновский Э.И., Мордич М.М., Галузо Г.С.

Белорусский национальный технический университет

Первичной задачей исследований является определение оптимального вида УНМ позволяющего получать наиболее значимый эффект в пенобетоне. Однако, выявление оптимального типа УНМ для пенобетона, это зависящий от влияния различных фактов комплексный процесс, заключающийся не только в установлении конкретного типа УНМ (УНМ-ПХР, УНМ-суспензия, УНМ-пленка и т.д.).

При исследовании влияния сухого УНМ на свойства пенобетона введение УНМ различной дозировки производили с водным раствором химических добавок. Опытные образцы изготавливались по стандартной технологии двух стадийного производства пенобетона. Отдельно друг от друга приготавливался рабочий раствор пенообразователя (РРП) и растворная часть пенобетона (цементное тесто с минеральными добавками) при  $V/T=0,3$ . Оказалось, что ввод в пенобетонную смесь сухого вещества УНМ ведет к снижению прочности затвердевшего пенобетона как в раннем (7 суток), так и в проектном (28 суток). Аналогичные результаты наблюдались на образцах пенобетона при изменении  $V/T=0,35...0,5$ . При этом с увеличением расхода УНМ наблюдается резкое снижение прочности пенобетона при равных средних плотностях. Оценка изменений средней плотности затвердевшего пенобетона показала, что с увеличением дозировки УНМ возрастает и средняя плотность пенобетона с выраженными дефектами структуры бетона, количество которых возрастает с увеличением дозировки УНМ.

На основании результатов поисковых экспериментов с введением сухих порошкообразных УНМ был сделан вывод о необходимости проверки варианта их введения в пенобетон в виде водной дисперсии. После выявления положительной тенденции при введении водных дисперсий УНМ были проведены исследования по выявлению оптимального типа нанодобавки. Оказалось, что УНМ-ПХР обеспечивает достижение наибольшего прироста прочности на сжатие (53,3%) без изменения средней плотности пенобетона.

Исходя из результатов эксперимента, дальнейшие исследования проводились на данном типе УНМ с установлением наиболее оптимальной дозировки добавки. Установление наиболее оптимального расхода УНМ проводили при расходах УНМ от 0,01 до 0,1% от массы цемента. Наибольший прирост прочности на сжатие установлено при расходе УНМ

0,025% от массы цемента. Таким образом, наиболее эффективным для пенобетона является УНМ-ПХР в виде водной дисперсии с расходом УНМ равным 0,025% от массы цемента.

УДК 666.972

### **Механизм и кинетика твердения цементного камня с ускоряющими добавками**

Батяновский Э.И., Гуриненко Н.С.

Белорусский национальный технический университет

Механизм воздействия химических добавок–ускорителей твердения на процессы гидратации, схватывания и твердения цемента представляет собой комплекс физико-химических явлений [1-2], в результате которых возрастает темп и сокращается время перехода цементного теста из вязкопластичного в камневидное состояние, повышаются плотность и прочность цементного камня и бетона в целом.

На сегодняшний день в научной литературе представлено большое количество исследований, которые объясняют механизмы влияния ускорителей твердения на рост прочности цементного камня. Причем каждый автор отстаивает свою точку зрения и считает ее единственно верной. Будь то ускорение за счет эффекта «пептизации», либо связывание  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  с эффектом ускорения растворения  $\text{C}_3\text{S}$  и  $\text{C}_2\text{S}$ , или – реакции с алюминатами и ферритами с образованием сложных солей – соединений при повышении плотности, прочности и стойкости к воздействиям структуры цементного камня или других отдельно взятых вариантов физико-химического воздействия вещества добавки–ускорителя на кинетику взаимодействия твердеющего цемента с водой. Данный подход, т.е. действие добавки, как «моно» эффект представляется нам не продуктивным.

На наш взгляд более рациональны представления о влиянии добавок–ускорителей твердения как о комплексном процессе, в котором сочетается множество форм воздействия, включая пептизацию, повышение растворимости клинкерных минералов, уплотнение за счет образования новых фаз в совокупности. При этом превалирующий эффект связан со свойствами химического вещества конкретной добавки, что по существу показано в работах Ратинова – Розенберг [2].

На сегодняшний день одним из самых эффективных ускорителей все ещё остается хлористый кальций, далее следуют соли сульфатов и нитратов. В планируемых экспериментах нами будет делаться попытка реализовать идею усиления сульфата натрия алюминатами.