

# ЦЕМЕНТНЫЕ БЕТОНЫ С НАНОДОБАВКАМИ СИНТЕТИЧЕСКОГО ЦЕОЛИТА

*Э.Ш. Хакимова*

## CEMENT CONCRETE WITH NANOADMIXTURES OF SYNTHETIC ZEOLITE

*E.S. Khakimova*

Работа посвящена модифицированию цементных бетонов нанодобавками синтетического цеолита, получению улучшенных эксплуатационных свойств цементных композитов за счет структурообразования цементного камня на наноуровне.

*Ключевые слова: наномодификатор, синтетический цеолит, цементные бетоны, прочность, водонепроницаемость.*

The article is devoted to modification of cement concretes by nanoadmixture of synthetic zeolite, improvement of running ability of cement composites due to structure formation of cement stone at the nanolevel.

*Keywords: nanomodifier, synthetic zeolite, cement concretes, strength, water resistance.*

Технология бетона давно уже не встречается в классическом варианте, где эксплуатационные свойства обеспечивались подбором состава компонентов: вяжущего, заполнителей. В настоящее время широко распространены многокомпонентные системы с применением модификаторов бетона: пластификаторов, ускорителей твердения, воздухововлекающих и другие. Практическое применение модификаторов главным образом направлено на получение материалов с заданными эксплуатационными свойствами, экономии сырьевых материалов и энергоресурсов, повышение технологичности процессов производства.

Материаловедческая наука «шагает в ногу» с другими науками в приоритетном направлении развития научно-исследовательских институтов в сфере нанотехнологий, следуя мировым тенденциям развития nanoиндустрии и потребностям российской экономики.

Последние исследования показывают высокую эффективность применения в качестве минеральных нанодобавок золь и гелей различного происхождения. Перспективным является изучение золь на основе цеолитов, содержащих щелочные оксиды в сочетании с оксидами алюминия и кремния.

Под определением «нанодобавка» понимаются частицы размером от 1 до 1000 нм, что соответствует коллоидной степени дисперсности. Подобные частицы могут быть минеральными и представлять собой молекулярные агрегаты, состоящие из цепочек в 10...20 молекул, или органическими, представляя собой углеводородную цепочку с невысокой молекулярной массой, т. е. мономер.

При обычных условиях минеральные ультрадисперсные частицы склонны к агрегации и самопроизвольному увеличению размера вследствие высокой поверхностной энергии. Аналогией данного процесса является конденсация силикатных паров при возгонке кремния при температуре более 2000 °С. Первоначально диспергированный до молекул силикатный дым при обычных условиях конденсируется до агрегатов размером 5 и более мк, т. е. микроагрегатов. Диспергировать данную систему до наночастиц возможно только при создании соответствующей дисперсионной среды, которой являются различные жидкости, а в основном - вода. На этом основан «золь-гель» метод получения наноструктур [2].

Таким образом, в качестве минеральных нанодобавок следует рассматривать продукты молекулярной конденсации, способные самодиспергироваться в водной среде. К таким системам могут относиться гели различного происхождения - силикатные, глиноземистые, цеолитные.

Формирование высокодолговечной структуры и улучшение свойств тяжелых бетонов возможны при изменении характеристик цементного камня, поэтому было проведено исследование влияния нанодобавки на свойства цементного камня.

Рассмотрим модифицирующее действие неорганических мономеров на примере цеолитного геля. Цеолиты - кристаллические водные алюмосиликаты щелочных или щелочноземельных металлов, соответствующие формуле  $MeO \cdot Al_2O_3 \cdot nSiO_2 \cdot H_2O$  (где Me - ион металла) [3]. Содержание в цеолитах активных оксидов натрия, алюминия и кремния обеспечивает им высокую поверхностную активность и высокую адсорбционную способность.

Для получения цеолитного геля синтетический цеолит активировался мокрым помолом в вибромельнице совместно со стабилизатором и после выдержки до полного гелеобразования переводился в коллоидное состояние. Для оценки влияния на гидратационные процессы полученный коллоидный нанопродукт вводился в состав цементного теста в дозировках 0..Д35 % от массы цемента при В/Ц=0,3. Определялась прочность при сжатии цементного камня. На рис. 1 представлены зависимости прочности цементного камня в ранние и марочные сроки твердения от количества цеолитного геля.

Анализируя результаты по прочности цементного камня, можно сделать следующие выводы:

- эффективная дозировка цеолитного геля находится в пределах 0,05..0,1 %;

- введение неорганического мономера в оптимальных пределах ускоряет набор прочности в начальные сроки твердения (7,5..8,0%), и к марочному возрасту можно наблюдать 50 %-ный рост прочности цементного камня.

При таких малых дозировках механизм модифицирования не может быть объяснен химическим взаимодействием с составляющими цементного камня (свободным гидроксидом кальция). Необходимо учитывать поверхностные явления, возникающие при введении нанодобавки.

Дериватографические исследования показали, что при введении нанодобавки понижается содержание свободной кристаллической извести с 4,2 до 2,95 %. Увеличивается количество химически связанной воды, что характеризует более высокую степень гидратации цементного камня с нанодобавкой. В температурном интервале 700..800 °С процент удаленной воды выше, происходит образование закристаллизованных гидросиликатов кальция. Эти факторы в совокупности способствуют

образованию прочной кристаллической структуры цементного камня (рис. 2).

Данные электронной микроскопии (рис. 3) демонстрируют монолитность структуры цементного камня с нанодобавкой, что является свидетельством повышения прочности и непроницаемости. Наблюдается эффект аморфизации структуры цементного камня.

При введении нанодобавки в мелкозернистые бетоны (рис. 4-7) наблюдается следующая тенденция: повышение конечной прочности при сжатии составляет от 20 до 40 %, прочности при изгибе - от 10 до 20 %.

Исследование влияния нанодобавки на свойства тяжелых бетонов (прочность и водонепроницаемость) марок 200 и 600 представлены на рис. 8-11.

Анализируя результаты исследований влияния добавки на свойства бетонов, можно сделать следующие выводы:

- Выявлены оптимальные дозировки нанодобавки в зависимости от водоцементного отношения: для бетонов невысоких марок по прочности дозировка находится в пределах от 0,05 до 0,1 % от массы цемента, а для бетонов более высоких марок по прочности с пониженным В/Ц - до 0,05 %;

- Наблюдается прирост прочности цементных бетонов при введении нанодобавки синтетического цеолита в оптимальных дозировках на 20.. 40 % в марочном возрасте;

- Нанодобавки способствуют аморфизации гидросиликатов кальция и омоноличиванию структуры цементного камня. В результате в пределах сверхмалых дозировок (до 0,1 %) достигается прирост водонепроницаемости в 2...3 раза, улучшаются технологические свойства цементных смесей.

Разработанная нанодобавка - синтетического цеолита позволяет решать ряд актуальных задач технологии бетонов:

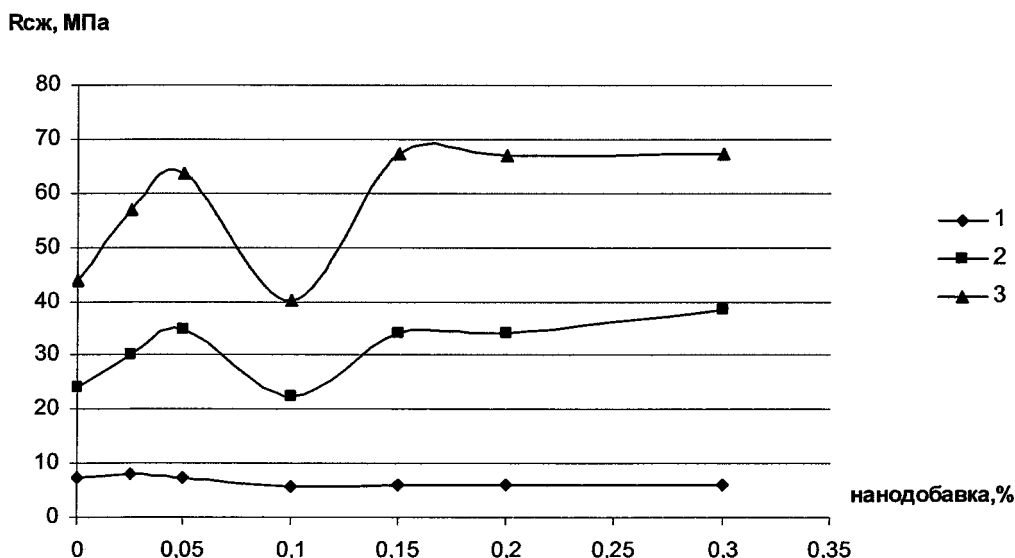
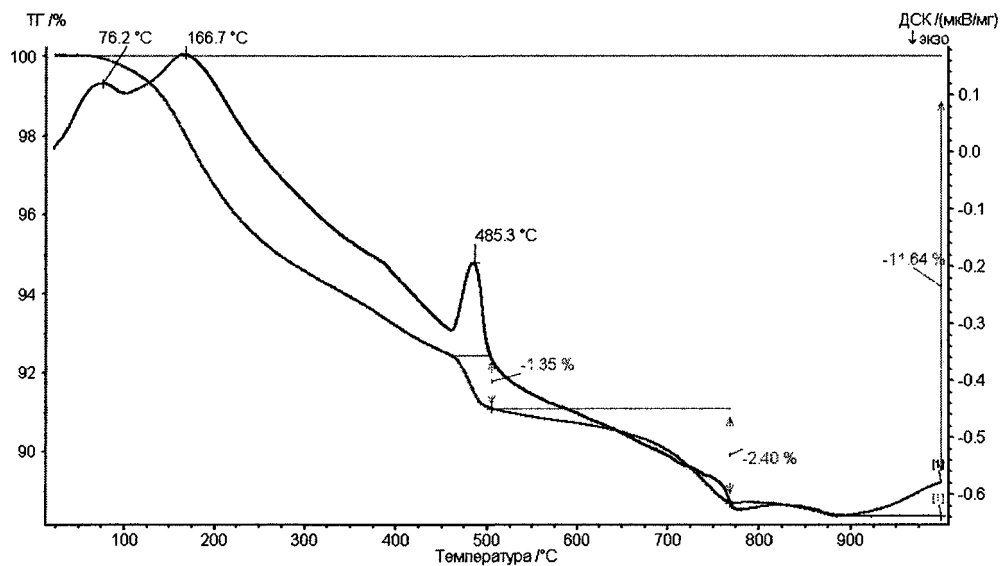
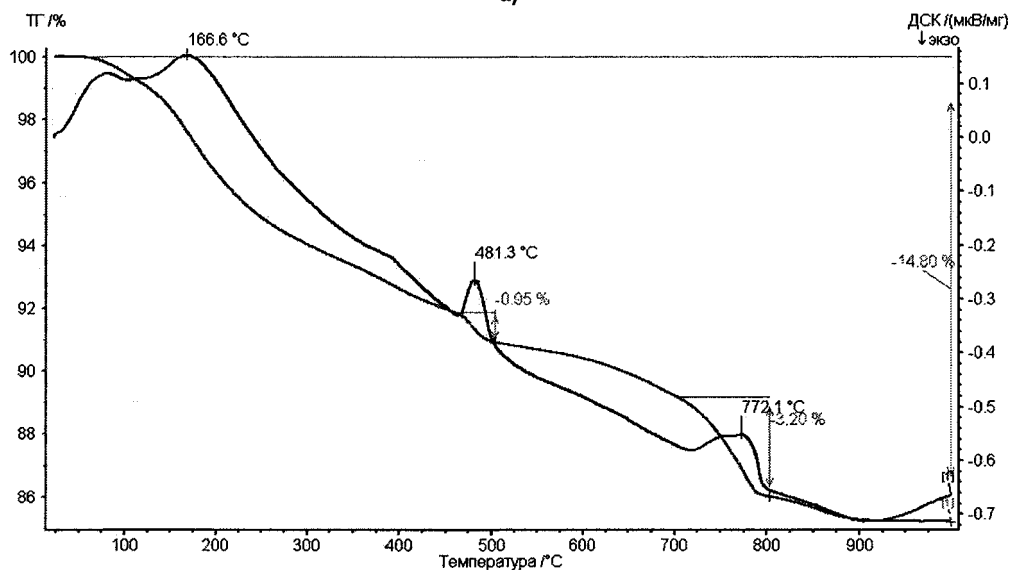


Рис. 1. Зависимость прочности при сжатии цементного камня от количества вводимой нанодобавки: 1 - в 1 сут твердения; 2 - в 7 сут твердения; 3 - в 28 сут твердения

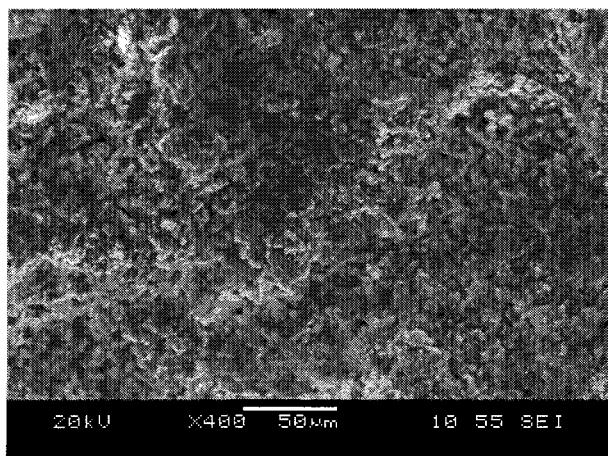


а)

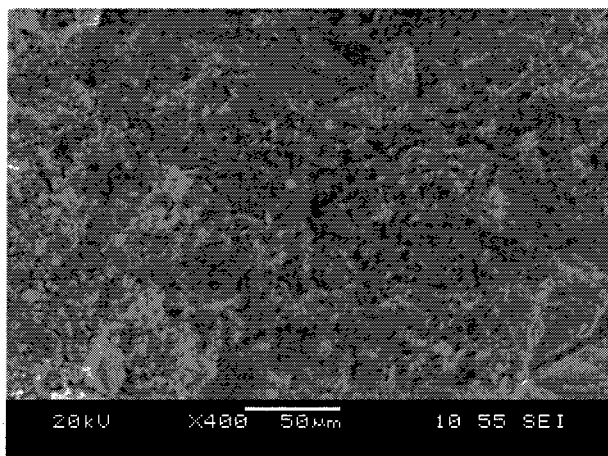


б)

Рис. 2. Дериватограммы цементного камня в 28 суток твердения: а - 0 % нанодобавки; б - 0,1 % нанодобавки



а)



б)

Рис. 3. Электронная микроскопия сколов цементного камня без добавки (а) и с нанодобавкой синтетического цеолита (б)

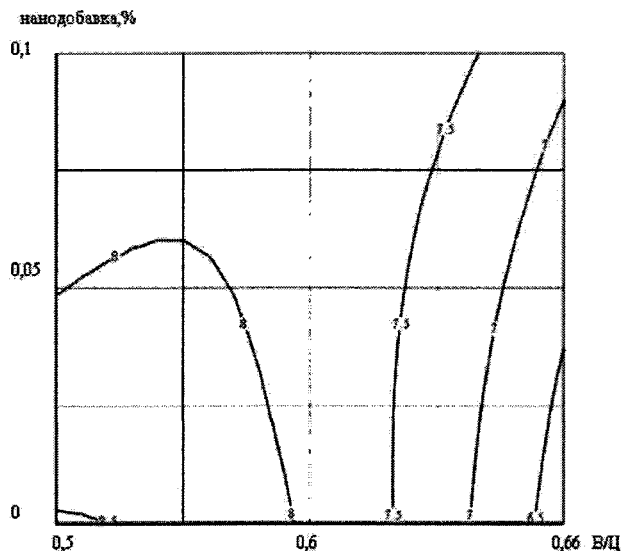


Рис. 4. Зависимость прочности при сжатии мелкозернистого бетона от изменения В/Ц и количества вводимой нанодобавки в 3 сут твердения

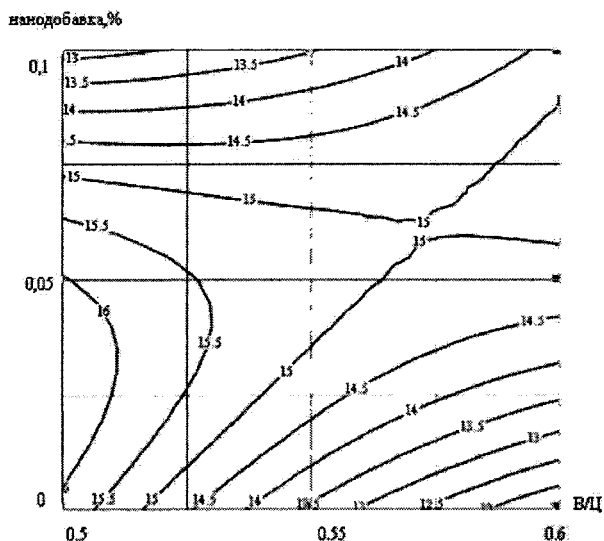


Рис. 5. Зависимость прочности при сжатии мелкозернистого бетона от изменения В/Ц и количества вводимой нанодобавки в 28 сут твердения

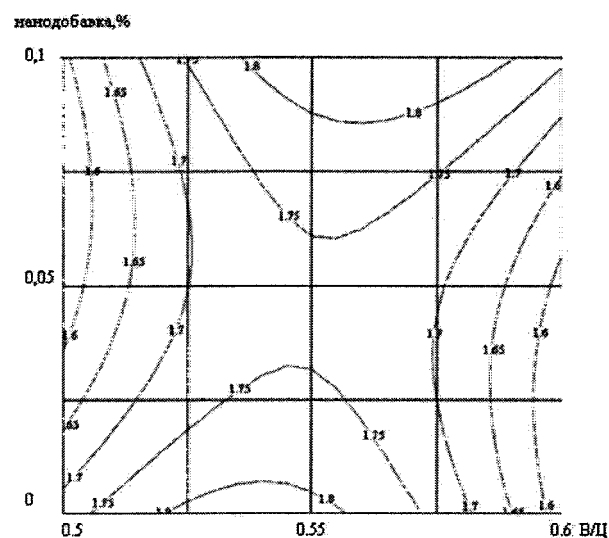


Рис. 6. Зависимость прочности при изгибе мелкозернистого бетона от изменения В/Ц и количества вводимой нанодобавки в 3 сут твердения

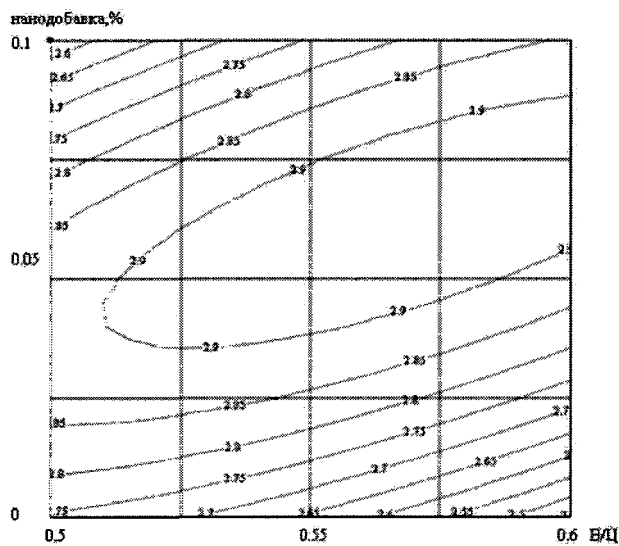


Рис. 7. Зависимость прочности при изгибе мелкозернистого бетона от изменения В/Ц и количества вводимой нанодобавки в 28 сут твердения

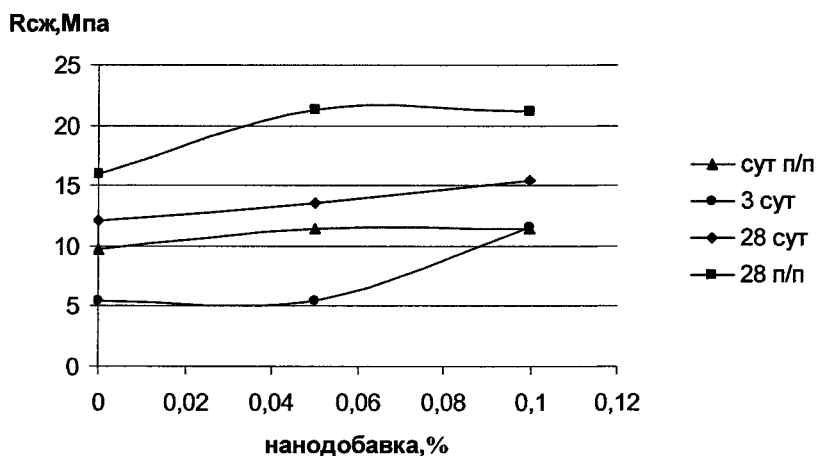


Рис. 8. Зависимость прочности при сжатии бетона марки 200 на Коркинском цементе от количества нанодобавки синтетического цеолита (п/п-после пропарки)

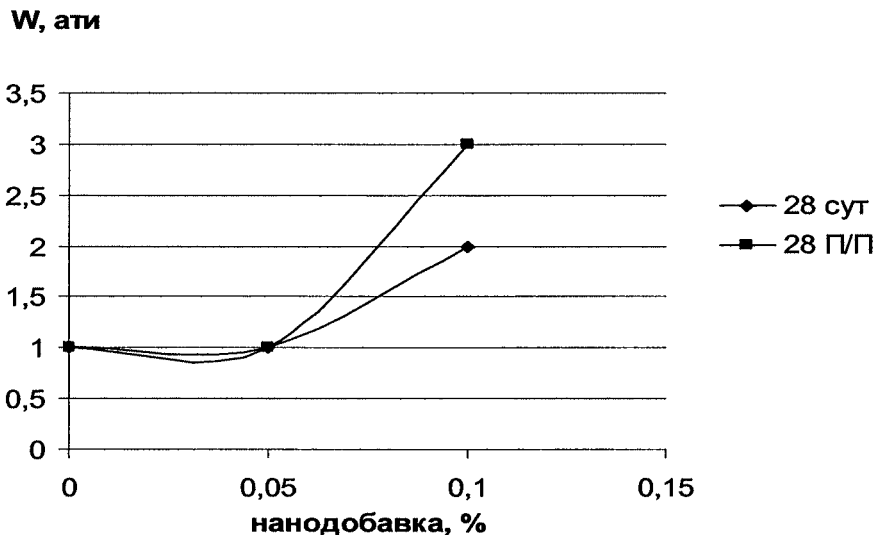


Рис. 9. Зависимость водонепроницаемости бетона марки 200 на Коркинском цементе от количества нанодобавки синтетического цеолита

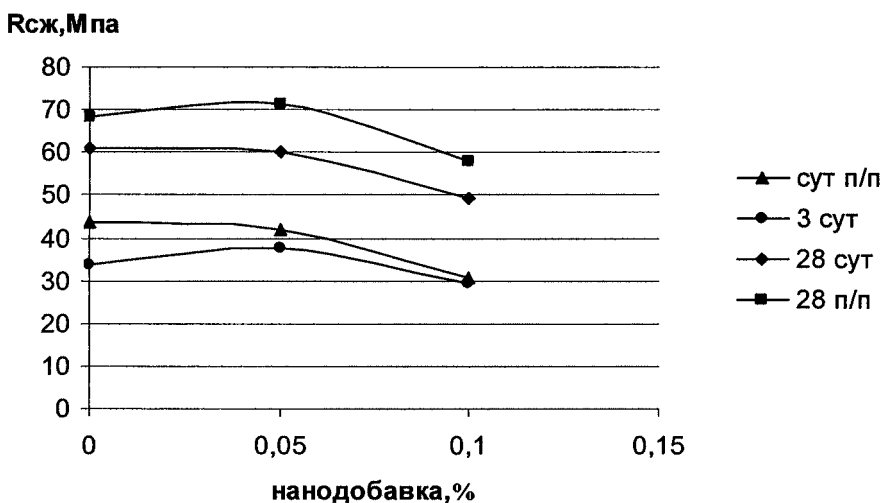


Рис. 10. Зависимость прочности при сжатии бетона марки 600 на Коркинском цементе от количества нанодобавки синтетического цеолита

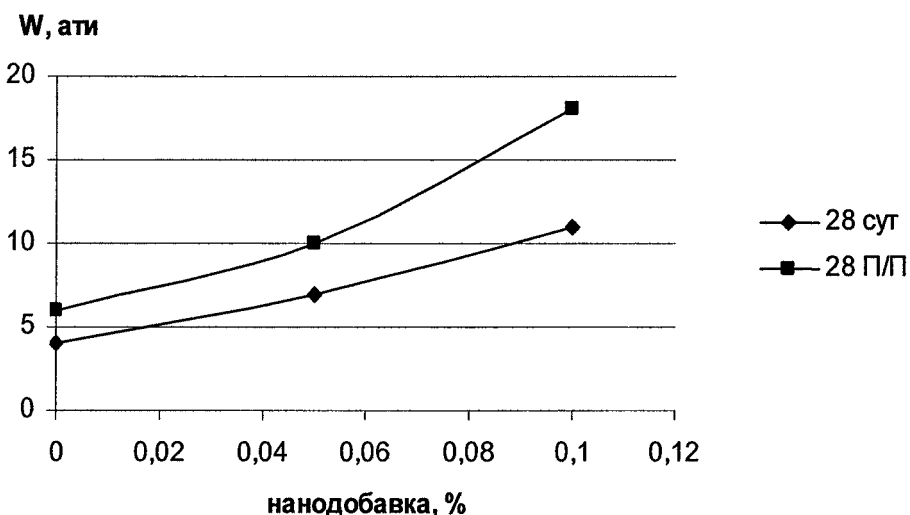


Рис. 11. Зависимость водонепроницаемости бетона марки 600 на Коркинском цементе от количества нанодобавки синтетического цеолита

- обеспечить повышение прочности бетонов до 40 %;
- повысить водонепроницаемость от 50 до 150%;
- увеличить сохраняемость монолитных бетонных смесей во времени до 2..3 раз;
- обеспечить снижение расхода цемента на 5... 10%.

#### Литература

1. Батраков, В.Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика / В.Г. Батраков. —2-е изд., перераб. и доп. - М., 1998 - 768 с.
2. Минько, Н.И. Методы получения и свойства нанообъектов: моногр. / Н.И. Минько, В.М. Нарцев. - Белгород: БГТУим. В.Г. Шухова, 2005.-105 с.
3. Жданов, С.П. Синтетические цеолиты / С.П. Жданов. - М.: Химия, 1981. - 264 с.

*Поступила в редакцию 25 августа 2008 г.*

Хакимова Эльвира Шарифовна. Аспирант кафедры «Строительные материалы» Южно-Уральского государственного университета.

Область научных интересов: модифицирование цементных композитов нанодобавками на основе синтетического цеолита, получение улучшенных эксплуатационных свойств цементных композитов за счет структурообразования цементного камня на наноуровне.

Elvira S. Khakimova. Post-graduate student of the Constructional Materials department of South Ural State University.

Scientific interests: modification of cement composites by nanoaddmixtures on the base of synthetic zeolite, improvement of running ability of cement composites due to structure formation of cement stone at the nanolevel.