

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

УДК 691.5

*ДЕМЬЯНЕНКО ОЛЬГА ВИКТОРОВНА, аспирант,
demyanenko.olga.v@gmail.com
КОПАНИЦА НАТАЛЬЯ ОЛЕГОВНА, докт. техн. наук, профессор,
kopanitsa@mail.ru
САРКИСОВ ЮРИЙ СЕРГЕЕВИЧ, докт. техн. наук, профессор,
sarkisov@tsuab.ru
ГОРШКОВА АЛЕКСАНДРА ВЯЧЕСЛАВОВНА, канд. техн. наук,
kasatkina.alexandra@gmail.com
Томский государственный архитектурно-строительный университет,
634003, г. Томск, пл. Соляная, 2*

ЦЕМЕНТНЫЕ КОМПОЗИЦИИ, МОДИФИЦИРОВАННЫЕ КОМБИНИРОВАННЫМИ НАНОДИСПЕРСНЫМИ ДОБАВКАМИ

В работе приведены результаты исследования влияния комплексной ультрадисперсной добавки (КУДД), усиленной воздействием магнитного поля заданной напряженности и экспозиции, а также химическими добавками различной природы в микро- и нанодисперсном состоянии на свойства цементных композиций. Проведены испытания цементного камня, модифицированного КУДД (МТ 600 и нанодисперсным SiO_2). Предложенные вещественно-полевые комбинированные воздействия приводят к повышению прочности, водо- и морозостойкости цементного камня.

Ключевые слова: цементный камень; наномодифицирующие добавки; торф; эксплуатационные характеристики.

*OL'GA V. DEMYANENKO, Research Assistant,
demyanenko.olga.v@gmail.com
NATAL'YA O. KOPANITSA, DSc, Professor,
kopanitsa@mail.ru
YURII S. SARKISOV, DSc, Professor,
sarkisov@tsuab.ru
ALEKSANDRA V. GORSHKOVA, PhD,
kasatkina.alexandra@gmail.com
Tomsk State University of Architecture and Building,
2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia*

CEMENT COMPOSITIONS MODIFIED BY COMBINED NANODISPERSED ADDITIVES

The paper deals with the effect of complex nanodispersed additives affected by the magnetic field of the given intensity and exposure and by chemical additives of different nature in the micro- and nanodispersed conditions that change the properties of cement composition. Cement brick is modified by nanodispersed additives, namely MT 600 peat additive and nanodispersed silica. The proposed real-field combined effects lead to increased strength, water and frost resistance of cement brick.

Keywords: cement brick; nanomodifiers; peat; performance characteristics.

Обеспечение заданных эксплуатационных характеристик цементного камня, цементно-песчаных растворов и бетонов на его основе остается одной из актуальных задач в строительном материаловедении. При решении этих задач приоритет отдается составам и технологиям, отвечающим следующим базовым критериям:

- технологическая доступность и эффективность;
- энерго- и ресурсосбережение;
- экологическая безопасность, биосовместимость и природная сбалансированность;
- экономическая целесообразность.

Кроме того, актуальной является проблема использования местных ресурсов, а также создание технологий на их основе с использованием различных физических, химических, биологических и комбинированных внешних воздействий [1]. Наиболее эффективными из них являются комбинированные воздействия, позволяющие усилить эффект от вводимых в цементные композиции добавок.

Ранее в работах [2–4] было установлено, что природные ресурсы Сибирского региона могут быть эффективно использованы для получения модифицирующих добавок на основе торфа для регулирования свойств строительных смесей. Запасы этого частично возобновляемого ресурса в Томской области составляют 29,3 млрд т в расчете на 40 % влажности. По этому показателю Томская область занимает второе место в России, уступая лишь Тюменской. Учеными Томского государственного архитектурно-строительного университета была создана термомодифицированная добавка на основе торфа без доступа воздуха. Полученная добавка (удельная поверхность 600 м²/кг), представленная преимущественно минеральными (CaO, SiO₂) и органо-минеральными компонентами, обеспечивала повышение прочности на сжатие цементного камня до 49 %, а растворных смесей до 23 % при оптимальном содержании добавки 0,5 % от массы цемента. Для получения дополнительного синергетического эффекта от введения модифицирующей добавки MT 600 в цементные композиции было исследовано влияние нанодисперсного диоксида кремния, полученного методом испарения вещества электронным пучком, создаваемым электронным ускорителем [5]. Исследования по оценке влияния нанодисперсного диоксида кремния с различной дисперсностью на свойства цементного камня представлены в работах [5–8, 13]. Показано, что наибольший эффект повышения прочности цементного

камня связан с добавкой Ts38. Характеристики дисперсности используемых компонентов представлены в таблице.

Удельная поверхность компонентов

Показатель	Цемент	MT600	Ts38
Удельная поверхность, м ² /кг	280	600	38000

Для определения рационального соотношения «добавка – цемент» были проведены исследования по влиянию способов введения наномодифицирующей добавки Ts38 в цементную систему. Процентное соотношение добавки было в интервале 0,01–0,05 от массы цемента. Нанодисперсный диоксид кремния вводили двумя способами:

– компоненты перемешивались в сухом состоянии, после чего смесь затворялась водой (Ts38);

– цемент затворялся водой, предварительно смешанной с добавкой Ts38 (Ts38'').

Водоцементное отношение соответствовало нормальной густоте и составляло 0,275. На рис. 1 представлены результаты зависимости прочности цементного камня от способа введения и процентного соотношения добавки.

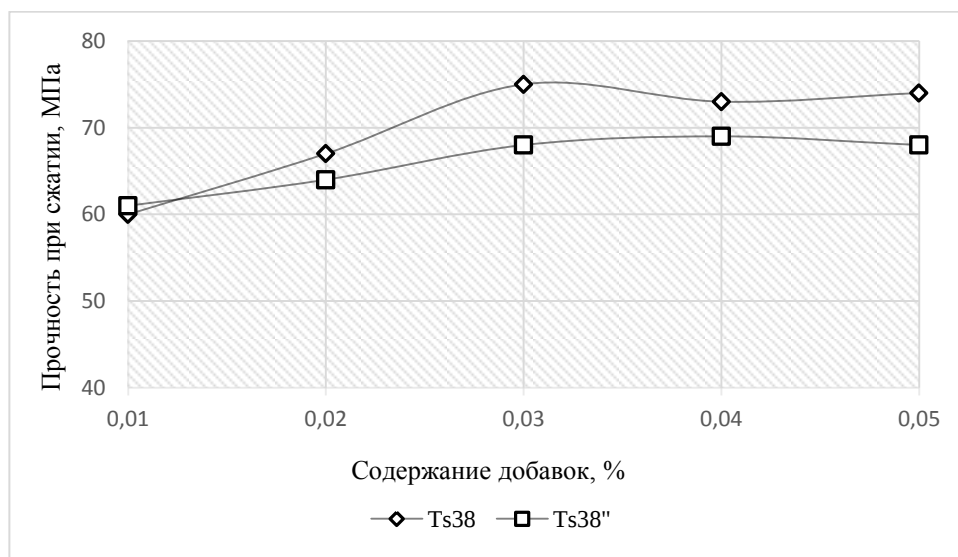


Рис. 1. Влияние добавок Ts38 на прочность цементного камня при сжатии

Показано, что оптимальным является соотношение добавки 0,03 % от массы цемента [6–8, 13], по первому способу прочность увеличивается до 45 %, по второму способу – до 33 %. Введение добавок в состав смеси менее 0,03 % не обеспечивает набора желаемых характеристик. Повышение содержания добавок более 0,03 % также приводит к достижению требуемых характеристик, но является экономически невыгодным.

В настоящей работе впервые исследовано совместное влияние добавок Ts38, МТ 600 и активированной магнитным полем жидкости затворения, относящихся по своей природе к вещественно-полевым комбинированным типам воздействия. Жидкость затворения обрабатывалась магнитным полем 0,4 мТл в течение 1 ч, после чего значение рН жидкости затворения повышалось в сторону щелочной среды до 8,2 ед. Учитывая, что удельная поверхность Ts38 намного превышает поверхность МТ600, а также удельную поверхность цемента, механизм их совместного влияния определяется последовательностью адсорбции на частицах цемента и взаимодействием друг с другом. В процессе приготовления строительных смесей предположительно происходит обволакивание частиц цемента и МТ 600 частицами Ts38. Возникающие при этом адсорбционные контакты между сорбентом и адсорбатом служат центрами кристаллизации и значительно ускоряют процессы гидратации и структурообразования цементного камня, особенно в ранние сроки твердения.

Как видно из рис. 2, влияние комбинированной добавки Ts38 и МТ 600 наиболее эффективно, при этом оптимальное соотношение компонентов добавки 0,3 % от массы цемента (прочность увеличивается до 74 %).

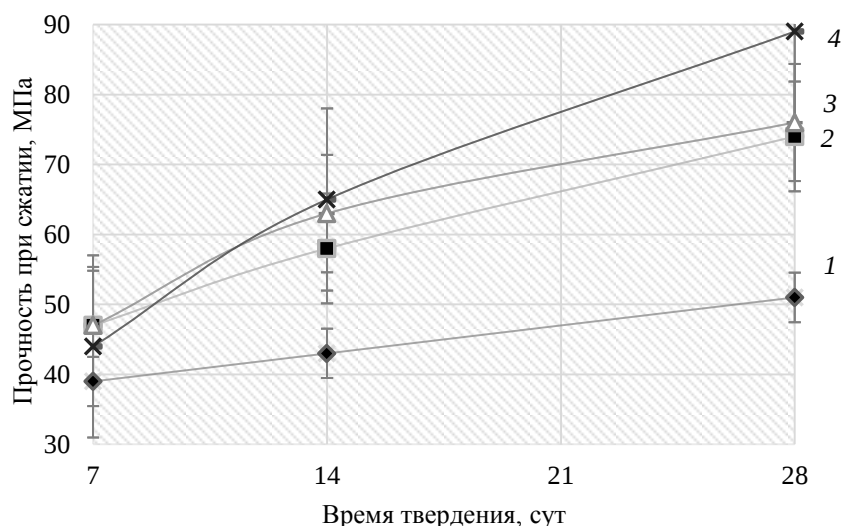


Рис. 2. Влияние добавок различных видов на кинетику твердения цементного камня:
1 — контрольный образец; 2 — с добавкой Ts38; 3 — с добавкой МТ 600; 4 — с комбинированной комплексной добавкой Ts38 и МТ 600 и воздействием магнитного поля

Установлено, что магнитно-активированная жидкость затворения положительно влияет не только на гидравлическую активность цемента, но и на характер действий исследуемой комбинированной добавки. Механизм действия нанодисперсных добавок связан с высокой поверхностной энергией наночастиц и химической активностью [9, 10]. Наночастицы могут оказывать влияние на изменение кислотно-основных параметров поверхностей как цемента, так и добавок [11, 12].

Влияние внешнего магнитного поля, повышения температуры и других внешних физических воздействий приводит к изменению электрофизических свойств воды и ее способности растворять твердую фазу и направленно взаимодействовать с ними с образованием продуктов гидратации определенного фазового состава и состояния [12]. Уточнение механизма исследуемого комбинированного воздействия на процессы гидратации и структурообразования цементной композиции будет продолжено в дальнейших работах.

Представленные в статье результаты оценки влияния комплексных воздействий на свойства цементного камня показывают их эффективность, что отвечает не только основным базовым критериям в строительном материаловедении, но и представляет большой как теоретический, так и практический интерес. Дальнейшее проведение исследований в этом направлении является актуальным.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Горленко, Н.П. Низкоэнергетическая активация дисперсных систем / Н.П. Горленко, Ю.С. Саркисов. – Томск : Изд-во ТГАСУ, 2011. – 264 с.
2. Копаница, Н.О. Стеновые строительные материалы на основе модифицированных торфов Сибири / Н.О. Копаница, Ю.С. Саркисов, А.И. Кудяков. – Томск : Изд-во ТГАСУ, 2013. – 295 с.
3. Горшкова, А.В. Сухие строительные смеси с модифицирующей добавкой на основе торфа : дис. ... канд. техн. наук. – Томск, 2015. – 168 с.
4. Торфянные ресурсы Томской области и пути их использования в строительстве / Л.В. Касицкая, Ю.С. Саркисов, Н.П. Горленко, Н.О. Копаница, А.И. Кудяков. – Томск : STT, 2007. – 292 с.
5. Моделирование структурного состояния аморфного Таркосила / Ю.А. Абзаев, Н.О. Копаница, В.А. Клименов [и др.] // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2015. – № 3. – С. 121–133.
6. Демьяненко, О.В. Влияние наноразмерного диоксида кремния на свойства цементного камня / О.В. Демьяненко, Н.О. Копаница, Ю.С. Саркисов // Молодёжь, наука, технологии: новые идеи и перспективы : материалы II Международной научной конференции. – Томск : Изд-во ТГАСУ, 2015. – С. 37–40.
7. Исследование влияния высокодисперсных микрокремнеземистых добавок на свойства цементного камня / О.В. Демьяненко, Н.О. Копаница, М.Н. Ляшенко, Ю.С. Саркисов // Перспективы развития фундаментальных наук : сб. научных трудов XIII Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – Томск : Изд-во ТПУ, 2016. – С. 151–153.
8. Демьяненко, О.В. Влияние наночастиц диоксида кремния на эксплуатационные свойства цементных систем / О.В. Демьяненко, Н.О. Копаница // Перспективные материалы и технологии в строительстве : материалы II Всероссийской научной конференции молодых ученых с международным участием. – Томск : Изд-во ТГАСУ, 2015. – С. 408–411.
9. Сергеев, Г.Б. Нанохимия / Г.Б. Сергеев. – М. : Изд-во МГУ, 2003. – 288 с.
10. Оптические свойства пленок на основе углеродных нанотрубок в инфракрасном и терагерцовом диапазоне спектра / С.Д. Шандаков, А.В. Кособуцкий [и др.] // Известия вузов. Физика. – 2016. – Т. 59. – № 5. – С. 130–136.
11. Методические материалы к практическим работам по определению кислотно-основных поверхностей / К.В. Иконникова, Л.Ф. Иконникова, Ю.С. Саркисов, Т.С. Минакова. – Томск : Изд-во Том. ун-та, 2003. – 28 с.
12. Влияние нагревания и концентрации растворов на процессы структурообразования в воде и водных растворах / Б.И. Лаптев, Г.Н. Сидоренко, Н.П. Горленко, Ю.С. Саркисов // Вода и экология, проблемы и решения. – 2012. – № 4 (52). – С. 43–50.

13. Копаница, Н.О. Применение нанодispersного кремнезема в производстве строительных смесей / Н.О. Копаница, О.В. Демьяненко, Ю.С. Саркисов // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2016. – № 5. – С. 140–150.

REFERENCES

1. Gorlenko N.P., Sarkisov Yu.S. Nizkoenergeticheskaya aktivatsiya dispersnykh sistem [Low-energy activation of disperse systems]. Tomsk: TSUAB Publ., 2011. 264 p. (rus)
2. Kopanitsa N.O., Sarkisov Yu.S., Kudyakov A.I. Stenovye stroitel'nye materialy na osnove modifitsirovannykh torfov Sibiri [Wall building materials based on modified peat of Siberia]. Tomsk: TSUAB Publ., 2013. 295 p. (rus)
3. Gorshkova A.V. Suhie stroitel'nye smesi s modifiziruyushhej dobavkoj na osnove torfa: dis. kand. tekhn. nauk [Dry building mixtures with modifying additive based on peat. PhD Thesis]. Tomsk, 2015. 168 p. (rus)
4. Kasitskaya L.V., Sarkisov Yu.S., Gorlenko N.P., Kopanitsa N.O., Kudyakov A.I. Torfyannye resursy Tomskoi oblasti i puti ikh ispol'zovaniya v stroitel'stve [Peat resources of the Tomsk region and ways of using them in construction]. Tomsk: STT Publ., 2007. 292 p. (rus)
5. Abzaev Yu.A., Kopanitsa N.O., Klimenov V.A., et al. Modelirovanie strukturnogo sostoyaniya amorfnogo Tarkosila [Structural state Modeling of amorphous Tarkosil]. *Vestnik of Tomsk State University of Architecture and Building*. 2015. No. 3. Pp. 121–133. (rus)
6. Dem'yanenko O.V., Kopanitsa N.O., Sarkisov Yu.S. Vliyanie nanorazmernogo dioksida kremniya na svoystva tsementnogo kamnya [Effect of nanosized silicon dioxide on cement stone properties]. *Proc. 2nd Int. Sci. Conf 'Youth, Science, Technology: New Ideas and Perspectives'*. Tomsk: TSUAB Publ., 2015. Pp. 37–40. (rus)
7. Dem'yanenko O.V., Kopanitsa N.O., Lyashenko M.N., Sarkisov Yu.S. Issledovanie vliyaniya vysokodispersnykh mikrokremerzemistykh dobavok na svoystva tsementnogo kamnya [The influence of highly disperse microsilica additives on cement stone properties]. *Proc. 13th Int. Conf of Students and Young Scientists 'Prospects of Fundamental Sciences Development'*. Tomsk: TPU Publ., 2016. Pp. 151–153. (rus)
8. Dem'yanenko O.V., Kopanitsa N.O. Vliyanie nanochastits dioksida kremniya na ekspluatatsionnye svoystva tsementnykh sistem [Effect of silicon dioxide nanoparticles on operational properties of cement systems]. *Proc. 2nd All-Rus. Sci. Conf. 'Advanced Materials and Technologies in Construction'*. Tomsk: TSUAB Publ., 2015. Pp. 408–411. (rus)
9. Sergeev G.B. Nanohimiya [Nanochemistry]. Moscow: MSU Publ., 2003. 288 p. (rus)
10. Shandakov S.D., Kosobutskii A.V., et al. Opticheskie svoystva plenok na osnove uglerodnykh nanotrubok v infrakrasnom i teragertsovom diapozone spektra [Optical properties of films based on carbon nanotubes in the infrared and terahertz range of the spectrum]. *Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved., Fiz.* 2016. V. 59. No. 5. Pp. 130–136. (rus)
11. Ikonnikova K.V., Ikonnikova L.F., Sarkisov Yu.S., Minakova T.S. Metodicheskie materialy k prakticheskim rabotam po opredeleniyu kislotno-osnovnykh poverkhnosti [Methodical materials for practical work on determination of acid-base surfaces]. Tomsk: TSU Publ., 2003. 28 p. (rus)
12. Laptev B.I., Sidorenko G.N., Gorlenko N.P., Sarkisov Yu.S. Vliyanie nagrevaniya i kontsentratsii rastvorov na protsessy strukturoobrazovaniya v vode i vodnykh rastvorakh [Influence of solution heating and concentration on structure formation in water and aqueous solutions]. *Voda i ekologiya, problemy i resheniya*. 2012. No. 4 (52). Pp.43–50. (rus)
13. Kopanitsa N.O., Dem'yanenko O.V., Sarkisov Yu.S. Primenenie nanodispersnogo kremnezema v proizvodstve stroitel'nykh smesei [Nanodispersed silicon dioxide used in the production of mix mortars]. *Vestnik of Tomsk State University of Architecture and Building*. 2016. No. 5. Pp. 140–150. (rus)