



Наномодифицирование цементных композитов на технологической стадии жизненного цикла

Е.М. Чернышов , О.В. Артамонова* , Г.С. Славчева 

Воронежский государственный технический университет, Воронеж, Россия

* **Контакты:** e-mail: ol_artam@rambler.ru

РЕЗЮМЕ: В статье рассматриваются теоретические основы принципов наномодифицирования строительных композитов и концептуальные модели наномодифицирования с точки зрения эволюционного маршрута образования твердой фазы в зависимости от кинетики гетерогенных процессов. В работе определены основные факторы наномодифицирования цементных систем твердения на всех этапах технологической стадии жизненного цикла в соответствии с эволюционным маршрутом. Влияние наноразмерных частиц (НРЧ) как одного из главных факторов заключается в следующих механизмах их действия: а) непосредственное химическое участие НРЧ в гетерогенных процессах фазообразования гидратных соединений, б) каталитическая роль НРЧ как центров кристаллизации, в) повышение плотности упаковки системы сложения дисперсных частиц, г) зонирование структуры твердения. Обоснованы концепции и арсенал средств наномодифицирования в технологиях строительных композитов. С целью оценки эффективности принципов наномодифицирования исследованы кинетика гидратации, фазовый состав, микроструктура, реология и прочностные характеристики цементных систем твердения.

Показано, что использование наномодификаторов повышает пластичность цементного теста, ускоряет процессы гидратации цемента в 9–28 раз и повышает прочность цементного камня в 1,5–2 раза. Все это позволяет снизить производственные затраты на всех стадиях технологического цикла получения цементных композитов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: наномодифицирование, наночастицы, эволюционный маршрут, технологический жизненный цикл, свойства цементных композитов.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Чернышов Е.М., Артамонова О.В., Славчева Г.С. Наномодифицирование цементных композитов на технологической стадии жизненного цикла // Нанотехнологии в строительстве. – 2020. – Том 12, № 3. – С. 130–139. – DOI: 10.15828/2075-8545-2020-12-3-130-139.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Sanchez F., Sobolev K. Nanotechnology in concrete – A review. Construction and Building Materials. 2010. V. 24. Pp. 2060–2071. DOI: [10.1016/j.conbuildmat.2010.03.014](https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2010.03.014).
2. Reches Y. Nanoparticles as concrete additives: Review and perspectives. Construction and Building Materials. 2018. V. 175. Pp. 483–495. DOI: [10.1016/j.conbuildmat.2018.04.214](https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.04.214).
3. Paul S. C., Rooyen A. S., Gideon P.A.G. van Zijl et al. Properties of cement – based composites using nanoparticles: A comprehensive review. Construction and Building Materials. 2018. V. 189. Pp. 1019–1034. DOI: [10.1016/j.conbuildmat.2018.09.062](https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.09.062).
4. Norhasri M.S., Hamidah M.S., Fadzil A.M. Applications of using nano material in concrete: A review. Construction and Building Materials. 2017. V. 133. Pp. 91–97. DOI: [10.1016/j.conbuildmat.2016.12.005](https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.12.005).
5. Rai S., Tiwari S. Nano Silica in Cement Hydration. Materials Today. 2018. V. 5. Pp. 9196–9202. DOI: [10.1016/j.matpr.2017.10.044](https://doi.org/10.1016/j.matpr.2017.10.044).
6. Чернышов Е.М., Артамонова О.В., Славчева Г.С. Концепции и основания технологий наномодифицирования структур строительных композитов. Часть 3. Эффективное наномодифицирование систем твердения цемента и структуры цементного камня (критерии и условия) // Строительные материалы. – 2015. – № 10. – С. 54–64. DOI: 10.31659/0585-430X-2015-730-10-54-63. (In Russian).

7. Чернышов Е.М., Артамонова О.В., Славчева Г.С. Наномодифицирование систем твердения в структуре строительных композитов (монография). – Воронеж. Научная книга, 2016. – 132 с.

8. Artamonova O.V., Slavcheva G.S., Chernyshov E.M. Effectiveness of Combined Nanoadditives for Cement Systems. Inorganic Materials. 2017. V. 53. Pp. 1080–1085. DOI: [10.1134/S0020168517100028](https://doi.org/10.1134/S0020168517100028).

9. Artamonova O.V., Slavcheva G.S., Shvedova M.A. Effectiveness of nanotubular additives in the modification of cement systems. Inorganic Materials. 2020. V. 56. Pp. 105–110. DOI: [10.1134/S0020168520010021](https://doi.org/10.1134/S0020168520010021).

10. Артамонова О.В. Синтез наномодифицирующих добавок для технологии строительных композитов (монография). – Воронеж: Воронежский ГАСУ, 2016. – 100 с.

11. Мелихов И.В. Физико-химическая эволюция твердого вещества. – М.: БИНОМ, Лаборатория знаний, 2009. – 309 с.

12. Bullard J., Livingston J., et al. Mechanisms of cement hydration. Cement and Concrete Research. 2011. V. 41. Pp. 1208–1223. DOI: [10.1016/j.cemconres.2010.09.011](https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2010.09.011).

13. Toutou Z., Roussel N., Lanos C. The squeezing test: A tool to identify firm cement-based material's rheological behaviour and evaluate their extrusion ability. Cement and Concrete Research. 2005. V. 35. Pp. 1891–1899. DOI: [10.1016/j.cemconres.2004.09.007](https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2004.09.007).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Чернышов Евгений Михайлович, д-р техн. наук, профессор, директор научно-исследовательского института Академии развития строительного комплекса, Воронежский государственный технический университет, академик РААСН, Воронеж, Россия, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0129-6363>, e-mail: chem@vgasu.vrn.ru

Артамонова Ольга Владимировна, д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры химии и химической технологии материалов, Воронежский государственный технический университет, Воронеж, Россия, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9157-527X>, e-mail: ol_artam@rambler.ru

Славчева Галина Станиславовна, д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры строительных материалов, изделий и конструкций, Воронежский государственный технический университет, Воронеж, Россия, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8800-265>, e-mail: gslavcheva@yandex.ru

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию: 22.04.2020.

Статья поступила в редакцию после рецензирования: 06.06.2020.

Статья принята к публикации: 09.06.2020.