



УДК 666.97
ББК 38

ПЕРСПЕКТИВЫ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ ОТРАСЛИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НАНОМОДИФИЦИРУЮЩИХ ДОБАВОК

А.И. Попов, Ю.Н. Толчков, З.А. Михалева

Проанализировано современное состояние отрасли строительных материалов, выявлена необходимость получения высокопрочных объектов, показана возможность улучшения качества строительных материалов на основе использования наномодификаторов на основе углеродного наноматериала «Таунит». Разработана модель коммерциализации достижений нанотехнологий при производстве строительных материалов.

Ключевые слова: *строительные материалы, наномодифицированные добавки, инновационный проект, прочностные свойства, реализация инновационных проектов.*

Приоритетным направлением развития промышленности строительных материалов является создание в каждом регионе страны конкурентоспособного производства широкой номенклатуры высококачественных энергосберегающих стройматериалов с учетом особенностей сырьевой базы, что предопределяет необходимость, с одной стороны, интенсификации научно-исследовательской деятельности по разработке новых технологий, с другой – повышение инновационной активности предприятий по внедрению полученных результатов в производство.

За последние два десятилетия произошел качественный скачок в свойствах бетонов и технологиях их получения, появились новые виды бетонов – высокотехнологичные, высокопрочные, малоусадочные и т. п. Однако на основе логистической кривой анализ используемых технологических подходов, направленных на повышение прочности бетонов, показывает, что большинство из них в настоящее время исчерпало свой потенциал и находится на стадии замедления роста, а иногда на стадии затухания. Простое повышение содержания цемента в бетоне, снижение водоцементного отношения и использование

цементов более высокого класса прочности не всегда могут удовлетворить запросы потребителей в силу повышения стоимости конечного продукта. Применение значительного количества различных классов добавок может привести к нежелательным побочным эффектам (например, коррозии стальной арматуры). Использование тепловой обработки в контексте постоянного удорожания в последнее время энергоносителей также теряет свою привлекательность.

Поэтому дальнейшее улучшение качества продукции предприятий стройматериалов возможно только при использовании качественно нового принципа действия, которым является переход на наноуровень, использование нанодобавок или наномодификаторов, затрагивающих более глубокие механизмы структурообразования. Именно это явление позволит предприятиям существенно увеличить свой технологический потенциал, что можно будет охарактеризовать как переход на стадию роста следующей логистической кривой. Согласно данным отечественных и зарубежных исследований, наномодифицирование бетона будет влиять на следующие физико-механические характеристики композита: прочность, износостойкость, пластичность, электропроводность, теплопроводность.

Объем рынка добавок в 2012 г. составил около 600 тыс. т. Основными игроками на рос-

сийском рынке производства добавок в строительные материалы являются следующие производители: «Полипласт» (30 % от общего объема продаж), «Суперпласт» (20 %), BASF (15 %). По прогнозам, в 2013 г. рынок добавок для бетона должен перевалить за отметку в 700 тыс. т, что составит более 20 млрд рублей. За прошедший год в Россию было ввезено 60 тыс. т добавок для бетона на сумму 6 млрд руб. (Германия, Польша и др.). В силу большой емкости данного сегмента рынка и значительного количества импортируемой продукции на нем, использование наномодифицированных добавок вместо традиционных и создание их промышленного производства представляет определенный коммерческий интерес.

По нашему мнению, одним из самых перспективных путей наномодифицирования является создание композитов на основе углеродных нанотрубок (далее – УНТ), что позволит использовать высокий модуль упругости УНТ (в 5 раз выше стали) и прочность (в 8 раз выше стали) при очень низкой плотности. Проведенные нами экспериментальные исследования с использованием углеродных нанотрубок (УНТ) «Таунит» (производства ООО «НаноТехЦентр», г. Тамбов) подтвердили правильность выбранного пути совершенствования отрасли строительных материалов.

Значительная часть экспериментальной работы была направлена на определение оптимальных технологических параметров наномодифицирования строительных композитов, при этом основное внимание уделялось способам обеспечения равномерного распределения УНМ в матрице строительного композита: механическому диспергированию, обработке ультразвуком, магнитодинамической обработке.

По итогам экспериментов была установлена интенсивная седиментация УНМ в воде затворения при любых их содержаниях со скоростью, пропорциональной концентрации нанофаз. Это является основной причиной неравномерного распределения наноматериала во всем объеме, что проявляется в существенном снижении однородности структуры композита. Последующие экспериментальные исследования было решено проводить в области малых концентраций УНМ (от 0,0001 % до 0,0007 % от массы цемента), что, по нашему мнению, обусловлено не только экономией, но и агрегативной

устойчивостью углеродных наноструктур. Оптимальное равномерное распределение наномодификатора, исключая возможность агрегации и седиментации, было достигнуто ультразвуковым воздействием [2]. В результате такого принципа наноструктурного модифицирования цементных композитов возросла технологичность всего процесса и был устранен основной недостаток: неравномерность распределения нанофаз во всем макрообъеме.

В качестве объекта исследования влияния наномодифицирующих добавок на физико-механические показатели строительного композита был выбран мелкозернистый бетон.

Было выявлено, что добавка модификатора в зависимости от концентрационного содержания углеродного наноматериала оказывает влияние на реологические свойства цементно-песчаной смеси, такие как удобоукладываемость (формуемость), сроки схватывания. Установлено, что у цементов, затворенных наноструктурированной водой, сокращаются сроки схватывания на 20 % в зависимости от вида цемента.

Необходимо отметить, что в ходе проведения исследований был осуществлен анализ структуры полученного композита методами электронной микроскопии. В ходе проверки объекта было обнаружено, что введение в раствор углеродного наноматериала «Таунит» приводит к изменению структуры модифицированных образцов. При практически одинаковом размере сканирования, у образцов с нанодобавкой наблюдается более однородная упорядоченная структура с ровной поверхностью скола. В образцах без добавки максимальная высота рельефа поверхности (шероховатость) наноструктурных элементов раствора составила 465 нм, а в образцах с комплексной наномодифицирующей добавкой, включающей УНТ «Таунит», – 146 нм. Это свидетельствует о том, что в образцах с нанодобавкой наблюдается более равномерная наноструктура гидросиликатов кальция с минимальной шероховатостью поверхности минералов, ведущая к уплотнению цементного камня в отдельных участках его структуры [1]. Увеличивающееся скопление плотных гидросиликатных частиц оказывает возрастающее давление на окружающие участки структуры из менее плотных первичных гидросульфаломинов. Это увеличивающееся давление способствует переходу кристаллов (эттрингит) в более плотные образования.

В результате экспериментов установлено, что образцы бетона, модифицированные углеродным наноматериалом «Таунит», на 50 % быстрее набирают прочность и в проектном возрасте имеют прочность на 20–25 % больше, чем образцы обычного бетона (рис. 1).

Предварительные расчеты по структуре затрат на получение бетонов с улучшенными характеристиками показали, что удельные дополнительные затраты на увеличение прочности строительных материалов в случае использования комплексной добавки на основе наноструктурированного материала «Таунит» будут меньше, чем при использовании других добавок (табл. 1).

Анализ современного состояния отрасли стройматериалов показывает, что переход от ста-

дии научных исследований к промышленному производству перспективных материалов затруднен вследствие значительной инерции потребителей при принятии решений о покупке и приверженности традиционным строительным технологиям, детерминированной ключевыми особенностями продукции строительства: длительностью ее изготовления и потребления, низкими возможностями апробации, технической сложностью, высокой капиталоемкостью и важностью для покупателя. Названные обстоятельства, а также недостаток опыта отечественных строительных предприятий при внедрении инноваций приводят к отсутствию рынка инновационной строительной продукции, что негативно сказывается на конкурентоспособности самой отрасли.

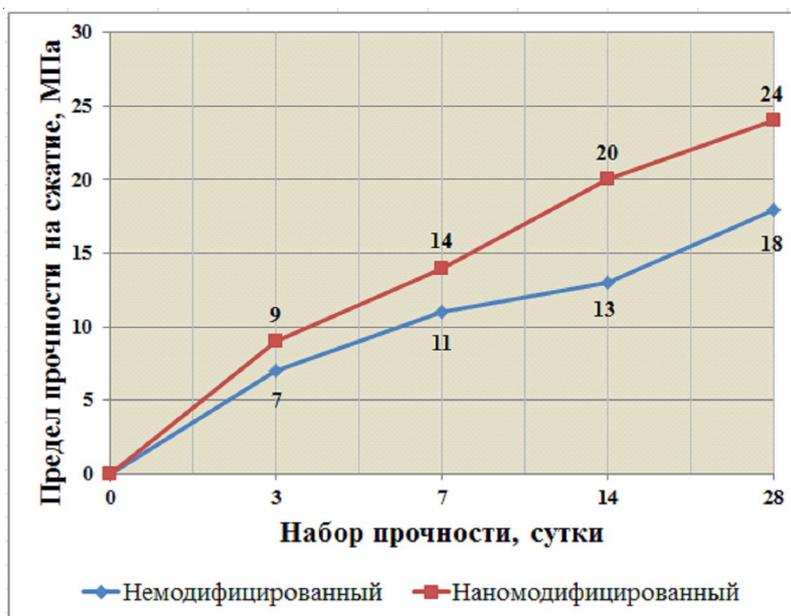


Рис. 1. Набор прочности мелкозернистого бетона модифицированного УНМ «ТАУНИТ»

Таблица 1

Затраты на изменение прочностных свойств бетонов

Добавки в бетоны	Стоимость самой добавки, руб./кг	Расход добавки, % от массы цемента	Повышение прочности бетона, %	Максимальное увеличение себестоимости 1 кг бетона при увеличении прочности на 1 %, руб.
Пластификатор С-3 (в сухом виде)	49	0,5–1,2	35–40	1,47
Суперпластификатор Полипласт СП	55	0,4–0,8	15–20	2,20
Наномодификатор на основе УНМ «Таунит»	10000	0,0005–0,0010	25–30	0,40

Эффективность реализации инновационных проектов в строительной отрасли предполагает разработку обобщенной модели коммерциализации достижений нанотехнологий при производстве строительных материалов, способствующей вовлечению интеллектуальной собственности в значимый хозяйственный оборот строительной индустрии. Целью данной модели является сокращение времени между проведением научных исследований и промышленным производством, увеличение объемов продукции, выпускаемой с использованием инновационных подходов. В процессе коммерциализации необходимо учитывать основные проблемные моменты, а именно: консерватизм покупателей, узкость внутреннего спроса на высокотехнологичные продукты, отсутствие оборудования промышленных масштабов, недостаточная квали-

фикация персонала, неразвитые системы связей и обеспечения информацией, высокая стоимость прогрессивных продуктов.

Основная деятельность в процессе коммерциализации будет направлена на создание устойчивой схемы взаимодействия между учеными в области нанотехнологий, инновационными предприятиями и самой отраслью строительных материалов (рис. 2).

Активное внедрение разработанных способов улучшения свойств строительных материалов при использовании в качестве добавки наноматериалов в соответствии с разработанной моделью должно позволить российским производителям получать высококачественные строительные материалы, способные принципиально на новом уровне удовлетворять потребности динамически развивающейся экономики страны.

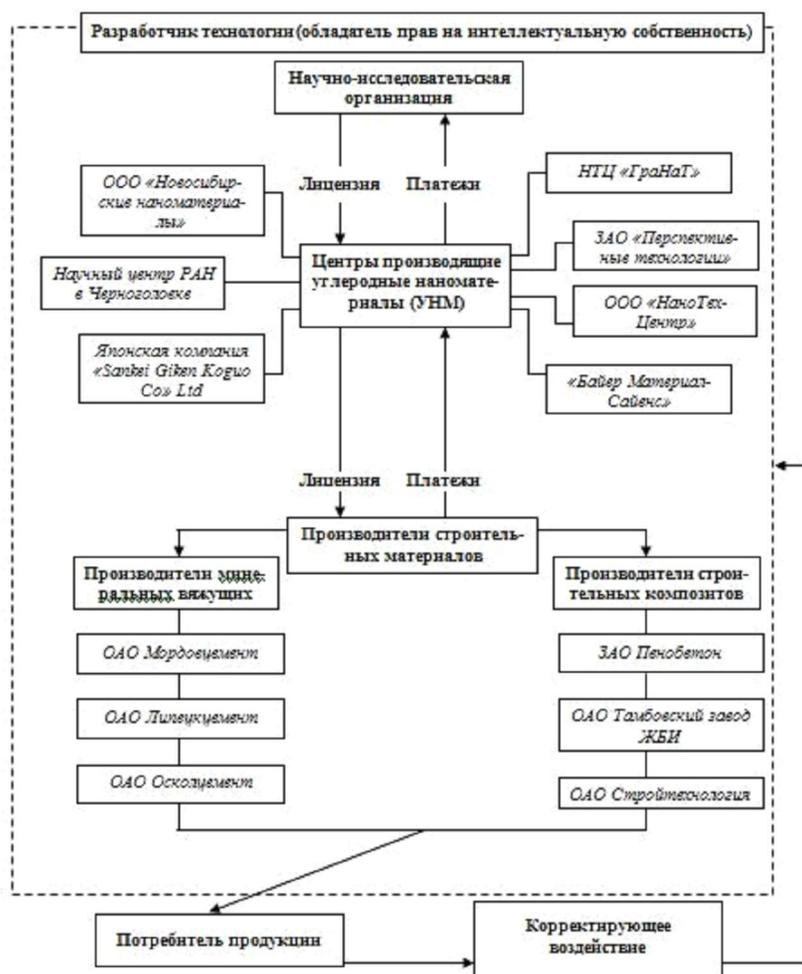


Рис. 2. Модель коммерциализации достижений нанотехнологий при производстве строительных материалов

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Староверов, В. Д. Структура и свойства наномодифицированных цементных систем / В. Д. Староверов и [др.] // Наука и инновации в строительстве «SIB-2008». Современные проблемы строительного материаловедения и технологии : междунар. конгресс. – Воронеж : ВГАСУ, 2008. – Т. 1, кн. 2. – С. 424–429.

2. Толчков, Ю. Н. Модифицирование строительных материалов углеродными нанотрубками: актуальные направления разработки / Ю. Н. Толчков и [др.] // Нанотехнологии в строительстве : науч. Интернет-журнал. – 2012. – № 6. – С. 57–69. – Гос. регистр. № 0421200108. – Электрон. текстовые дан. – Режим доступа: <http://www.nanobuild.ru>. – Загл. с экрана.

PERSPECTIVES OF INNOVATION DEVELOPMENT BUILDING MATERIALS INDUSTRY USING NANOADDITIVES

A.I. Popov, Yu.N. Tolchkov, Z.A. Mikhaleva

The current state of the building materials industry, identified the need for a highly durable objects, the possibility of improving the quality of building materials using nanomodifiers based carbon nanomaterial “Таunit.” The model of the commercialization of nanotechnology advances in the production of building materials.

Key words: *building materials, nanomodified additives, innovative project, strength properties, implementation of innovative projects.*