

УДК 691.32

EDN [BJEQXW](#)

Применение наномодифицированных бетонов в объектах нефтегазовой отрасли

Д.А. Ляшенко*, В.А. Перфилов, Р.Э. Аверьянов, Д.А. Алфимов, К.Е. Булатов

Волгоградский государственный технический университет институт архитектуры и строительства, ул. Академическая, д. 1., Волгоград, 400074, Россия

*E-mail: dmitiry.lyashenko@yandex. ru

Аннотация. Одним из приоритетных направлений строительного материаловедения для объектов нефтегазового комплекса является получение материалов, имеющие повышенные эксплуатационные характеристики. Одним из наиболее часто используемых строительных материалов является бетон, различного функционального направления. В статье представлены литературные данные по применению наномодифицирующих добавок для бетонов. Рассмотрено влияние применения комплексной добавки для бетонов включающую в себя суперпластификатор СП-3 и углеродные нанотрубки «Таунит-М». Основной проблемой применения наноразмерных добавок является их равномерное распределение по всему объему смеси. Это связано с их малым содержанием в бетоне и склонностью наноразмерных частиц к образованию агрегатов. Введение добавок в воду затворения предлагается с помощью применения ультразвукового диспергатора «УЗГ13-01/22» с рабочей частотой 22 кГц в течение 3-5 минут. Произведен подбор оптимального количества пластифицирующей добавки исходя из подвижности смеси. Для исследования влияния комплексной добавки на эксплуатационные характеристики бетона была подготовлена серия из 11 образцов мелкозернистого бетона с различным содержанием наномодифицирующей добавки в количестве от 0,001% до 0,01% по массе вяжущего. Определено положительное влияние комплексной добавки на прочностные характеристики мелкозернистого бетона. Помимо повышения прочности бетона установлено улучшение интенсивности набора прочности в ранние сроки твердения.

Ключевые слова: наномодифицированный бетон, углеродные нанотрубки, суперпластификатор, ультразвуковое диспергирование

The use of nanomodified concretes in the oil and gas industry

D.A. Lyashenko*, V.A. Perfilov, R.E. Averyanov, D.A. Alfimov, K.E. Bulatov

Volgograd State Technical University Institute of Architecture and Construction, Akademicheskaya str., 1., Volgograd, 400074, Russia

*E-mail: dmitiry.lyashenko@yandex. ru

Abstract. One of the priority areas of construction materials science for oil and gas facilities is the production of materials with increased operational characteristics. One of the most commonly used building materials is concrete, of various functional types. The article presents the literature data on the use of nanomodifying additives for concrete. The influence of the use of a complex additive for concrete, including the superplasticizer SP-3 and carbon nanotubes "Taunit-M", is considered. The main problem of using nanoscale additives is their uniform distribution over the entire volume of the mixture. This is due to their low content in concrete and the tendency of nanoscale particles to form aggregates. The introduction of additives in to the mixing water is proposed using the ultrasonic dispersant "UZG13-01/22" with an operating frequency of 22kHz for 3-5 minutes. The optimal amount of plasticizing additive was selected based on the mobility of the mixture. To study the effect of a complex additive on the performance characteristics of concrete, a series of 11 samples of fine-grained concrete with various nanomodifying additive contents in the amount from 0.001% to 0.01% by weight of the binder was prepared. The positive effect of the complex additive on the strength characteristics of fine-grained concrete has been determined. In addition to increasing the strength of concrete, an improvement in the intensity of strength gain in the early stages of hardening has been established.

Keywords: nanomodified concrete, carbon nanotubes, superplasticizer, ultrasonic dispersion.

1. Введение

При современном строительстве промышленных зданий и сооружений в том числе объектов нефтегазовой отрасли зачастую применяется монолитные железобетонные конструкции, получаемые из тяжелого бетона, отличающегося плотной структурой. Разработка различных составов бетонов должно определяться заданными свойствами, которые учитывают физико-химические, эксплуатационные и технологические факторы [1]. Определение количественной оценки указанных характеристик связано напрямую с видом и составом бетонов, а также условиями, в которых материал набирает прочность. Таким образом исследование различных свойств бетонов рекомендуется производить путем комплексной оценки параметров. Основной характеристикой бетона, влияющей на прочностные характеристики, а в особенности на прочность при сжатии влияют его микро- и макроструктура. Их формирование обусловлено рациональным подбором компонентов смеси совместно с модификаторами [2-4].

2. Постановка задачи (Цель исследования)

Тяжелые бетоны применяют при строительстве, ремонте и эксплуатации различных железобетонных конструкций объектов нефтегазовой отрасли. Зачастую в суровых климатических условиях климатического региона. В связи с этим в данных условиях рекомендуется применять бетоны с повышенными эксплуатационными характеристиками, а также бетоны, набирающие большую прочность в начальные сроки твердения. Помимо этого, для разработки указанных смесей основанием может служить образование различного рода дефектов, образующиеся при возведении и эксплуатации железобетонных конструкций объектов нефтегазовой отрасли.

В настоящее время при возведении массивных сооружений гидротехнических и нефтегазовых сооружений, а также других объектов нефтегазовой отрасли используют тяжелые бетоны. Помимо этого, укладка в опалубку подразумевает применение бетонных смесей с достаточной подвижностью. В связи с этим актуальной задачей является использование комплексных добавок, улучшающих реологические свойства бетонной смеси, а также повышающих эксплуатационные характеристики готового материала, и как в начальных, так и в конечных сроках твердения.

Для достижения требуемых характеристик бетона, применяют комплексные модифицирующие добавки, снижающие водоцементное отношение смеси и повышающие прочностные характеристики бетона [5].

В настоящее время все появляются разработки, направленные на использование наномодификаторов [6-7]. В связи с этим актуальным вопросом является исследование и создание новых технологий и приемов, которые способны на управление структуры бетона на нано- и микроуровнях. Однако наиболее эффективные способы получения наномодифицирующих добавок в настоящее время имеют высокие энергозатраты [8]. Таким образом, поиск наиболее эффективных и в тоже время экономически выгодных способов наномодифицированных бетонов является актуальной задачей.

Задачей данной работы является разработка комплексной модифицирующей добавки, позволяющей увеличить подвижность бетонной смеси без повышения водоцементного отношения, а также для повышения прочности бетона в ранних и конечных сроках твердения.

3. Методы и материалы исследования

Были разработаны составы мелкозернистого бетона на основе портландцемента, мелкого заполнителя и модифицирующих добавок. В качестве исходных материалов применялись: портландцемент производства ЗАО «Евроцемент» марки М500Д0, кварцевый песок, суперпластификатор «СП-3», углеродные нанотрубки «Таунит-М». Добавка СП-3 представляет собой суперпластификатор на основе натриевых солей и полиметиленафталинсульфокислов, а также лигносульфанатов. Введение данной добавки позволяет снизить количество воды затворения на 20% и более. Наномодифицирующая добавка «Таунит-М» представляет собой наноразмерные нитевидные трубки поликристаллического графита, имеющие цилиндрическую форму с внутренним каналом. Углеродные нанотрубки имеют следующие размеры: внешний диаметр 10-30 нм, внутренний диаметр 5-15 нм, длина 3-5 мкм.

Для исследования влияния добавок на характеристики бетона производился подбор пластификатора по пластичности раствора. Таким образом, без потери подвижности применение 0,5 % пластификатора СП-3 по массе вяжущего позволило сократить количество воды затворения на 21 %. Была приготовлена серия из 11 составов бетона с различным содержанием УНТ.

Технология приготовления образцов имела следующий вид: В воду затворения вводилось расчетное количество углеродных нанотрубок и суперпластификатора. Размешивание компонентов в воде производилось с помощью ультразвукового диспергатора УЗГ13-01/22. Данный прибор генерирует ультразвуковое колебание с частотой 22 кГц. В воду затворения устанавливался рабочий элемент ультразвукового диспергатора и происходила обработка ультразвуком в течение 3-5 минут. Полученную суспензию вводили в заранее размешанные сухие компоненты смеси и производили их смешивание до получения однородной смеси для дальнейшей формовки образцов согласно ГОСТ 30744. Все образцы хранились в нормальных условиях твердения, на 7 и 14 сутки набора прочности для каждого образца определялся предел прочности при сжатии с помощью неразрушающего ультразвукового прибора «Пульсар 1.2». На 28 сутки каждый образец испытывали на прессах для контрольного определения прочности материала.

4. Полученные результаты

Для 11 составов было получено по 3 образца с различным содержанием УНТ. Наномодификатор вводился в количестве от 0,001% до 0,01% по массе цемента. Также были приготовлен контрольный состав без включения нанотрубок. Составы имели следующий вид: Ц:П – 1:3, В/Ц – 0,38, СП-3 – 0,5 % по массе вяжущего и «Таунит-М» в различном количестве.

Таблица 1. Прочностные характеристики мелкозернистого бетона.

Состав	Таунит-М, % по м. цемента	$R_{сж}$ 7 сут., МПа	$R_{сж}$ 14 сут., МПа	$R_{сж}$ 28 сут., МПа
1 Контр.сост	0	37,4	40	41,8
2	0,001	40,2	41,9	46,6
3	0,002	41	41,9	44,7
4	0,003	40,8	43,6	48,1
5	0,004	42,2	43,8	46,9
6	0,005	42,9	44,7	48,7
7	0,006	42,5	45,6	47,8
8	0,007	42,8	45	48,7
9	0,008	42,1	44,5	48,3
10	0,009	41,9	44,5	48,2
11	0,01	44,1	45,4	49,5

Из таблицы показателей видно, что минимальное количество вводимой добавки УНТ повысило прочность мелкозернистого бетона на 11%. Максимальное увеличение прочности было у состава 11 и составило 16%. Стоит отметить, что введение среднего количества добавки позволило повысить показатель прочности на 15%. Из-за незначительной разницы значений, можно сделать вывод, что введение УНТ в количестве 0,005-0,01% имеет одинаковый эффект.

Рисунок 1 отображает положительное изменение набора прочности бетона. Наномодифицированные образцы бетона к 28 суточному возрасту имели большую интенсивность набора предела прочности при сжатии, чем у контрольного состава.

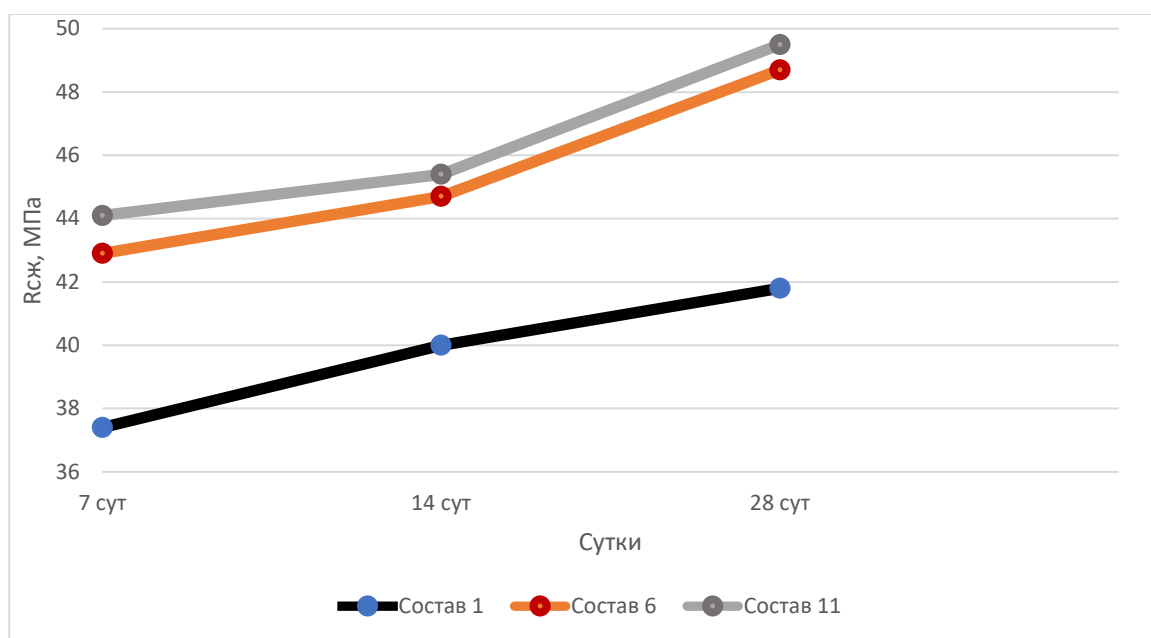


Рисунок 1. Характер набора прочности мелкозернистого бетона.

5. Выводы

Экспериментально определено что оптимальное количество вводимых УНТ составило 0,005% по массе цемента. Совместное введение пластификатора СП-3 и УНТ в воду затворения положительно сказывается на распределении нанотрубок по всему объему смеси за счет поверхностно-активных сил. Введение комплексной добавки позволило повысить прочность мелкозернистого бетона на 15% и выше. Также наблюдается прирост прочности на ранних сроках твердения бетона и повышение интенсивности набора его прочности.

Повышение прочности происходит за счет того, что наноразмерные трубки в малой концентрации равномерно распределяются по всему объему смеси и выступают в

качестве дополнительных центров кристаллизации. За счет этого образуется более плотная структура мелкозернистого бетона.

Список литературы

1. Паламарчук А.А. Полимерные бетоны - перспективные строительные материалы / А.А. Паламарчук, О.А. Шишакина, Д.В. Кочуров, А.Г. Аракелян // Международный студенческий научный вестник. – 2018. – № 6. – С. 8.
2. Фахратов М.А. Перспективы применения наноструктурированного бетона в строительстве / М.А. Фахратов, В.О. Евдокимов, А.С. Бородин. // Инженерный вестник дона. – 2018. – №3. – С. 124.
3. Моисеева В.И. Нанотехнологии в области производства строительных материалов / В.И. Моисеева, Я.В. Пирогова, М.Е. Тюменцев, П.А. Паньков // Инновации и инвестиции. – 2019. – № 11. – С. 293–297.
4. Сахибгареев Р.Р. Физико-химические аспекты применения модифицированных бетонов / Р.Р. Сахибгареев. // Строительные материалы – 2007. – № 7. – С.72- 73.
5. Мащенко К.Г. Модификаторы – шаг к повышению качества бетонов и растворов / К.Г. Мащенко // Строительные материалы. – 2004. – № 6. – С. 62-63.
6. Перфилов В.А. Применение модифицирующих нанодобавок для повышения прочности фибробетонов / В.А. Перфилов, У.В. Алаторцева, М.И. Дмитрук, И.Л. Жога // «Известия ВУЗов. Строительство», г. Новосибирск. – 2009. – № 8. – С. 17-19.
7. Нуртдинов М.Р. Мелкозернистые бетоны, модифицированные нановолокнами Al₂O₃ и Al₂SiO₅ / М.Р. Нуртдинов, В.Г. Соловьев, А.Ф. Бурьянов. // Construction materials. – 2015. – № 2. – С. 4.
8. Фахратов М.А. Перспективы применения наноструктурированного бетона в строительстве / М.А. Фахратов, В.О. Евдокимов, А.С. Бородин // Инженерный вестник дона. – 2018. – №3. – С 124. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2018/5127