

УДК 666.969.1.3

УЛУЧШЕНИЕ СВОЙСТВ ЦЕМЕНТНО-ПЕСЧАНОГО БЕТОНА ПУТЕМ ВВЕДЕНИЯ ПАВ И ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В БЕТОННУЮ СМЕСЬ

© А.И. Христофоров, И.А. Христофорова, О.Л. Еропов

Ключевые слова: бетон; модификация; органические вещества; ПАВ.

С развитием науки становится актуальной задача достижения макроэффектов путем введения в бетонную смесь ПАВ и органических веществ в микродозах. За счет введения ПАВ уменьшается поверхностное натяжение на границе раздела фаз «цемент – вода», тем самым уменьшается внутреннее напряжение, за счет гидролиза тетраэтоксисилана образуются наноразмерные частицы кремния, служащие центром структурообразования цементного камня. Введение данных добавок позволит повысить прочность бетона при сжатии до 80 % и увеличить подвижность бетонной смеси до 7 %.

Создание материалов с повышенными физико-механическими характеристиками обусловлено совершенствованием и развитием технологии строительства зданий и сооружений и повышением потребности в новых доступных площадях. Лидирующую позицию на строительном рынке занимает цементно-песчаный бетон, стоимость которого напрямую зависит от стоимости его компонентов, самым дорогим из которых является цемент. Приоритетной задачей в строительстве является повышение прочности бетона при сохранении или уменьшении количества цемента в бетонной смеси.

Главным направлением в развитии физико-механических характеристик бетона и бетонных смесей является введение в бетонную смесь малого количества добавок, позволяющих повысить прочность бетона при сжатии на 50 % и более. Такими добавками могут служить поверхностно-активные вещества, влияющие на подвижность бетонной смеси, органические соединения, уменьшающие поверхностное натяжение на границе раздела фаз «цемент – вода» и частично снимающие усадочные напряжения при твердении бетона.

Наибольший интерес представляет достижение макроэффектов путем введения в бетонную смесь ПАВ и органических веществ в микродозах. В исследованиях применялись следующие органические добавки: ионогенный ПАВ (олеат натрия [1]) и кремнийорганическая жидкость (тетраэтоксисилан [2]).

Введение в бетонную смесь олеата натрия позволит понизить поверхностное натяжение на границе раздела фаз «цемент – вода», тем самым снижается внутреннее напряжение за счет уменьшения контракции пор, а в результате гидролиза тетраэтоксисилана образуются наноразмерные частицы оксида кремния, которые служат центром структурообразования при формировании цементного камня. Вследствие этого улучшаются физико-механические характеристики бетонной смеси и бетона, а именно: прочность при сжатии, удобоукладываемость, подвижность и др.

Испытания бетона на прочность при сжатии производились в лабораторных условиях по ГОСТ 10180-90 [3], на подвижность бетонной смеси – выполнялась в соответствии с ГОСТ 10181-2000 [4].

Олеат натрия – жидкое моющее средство, разрешенное к применению как санитарно-гигиеническая продукция, представляет собой жидкость светлого, светло-коричневого цвета, являющуюся продуктом омыления жирных кислот гидроксидом натрия. Является анионным ПАВ.

Тетраэтоксисилан (ТЭОС) – прозрачная жидкость со слабым эфирным запахом, растворяется в инертных органических растворителях, реагирует с водой, высшими спиртами. Обоснованием выбора тетраэтоксисилана послужило то, что в результате гидролиза тетраэтоксисилан выделяет этанол и наноразмерные частицы оксида кремния. Эти частицы оксида кремния служат центром структурообразования при формировании цементного камня.

В качестве связующего в бетонной смеси был выбран Мордовский цемент М500 Д0 по ГОСТ 31108-2003 [5], рентгено-фазовый анализ которого выявил следующий химико-минералогический состав: 1) C_3S – алит – 41 %; 2) C_2S – белит – 26 %; 3) C_3A – 25 %; 4) C_4AF – 7 %; остальное – второстепенные оксиды.

Заполнителем служил карьерный кварцевый песок Улыбышевского месторождения Владимирской области дисперсностью меньше 0,63 мм.

В качестве образцов были взяты следующие составы бетонных смесей: 1) контрольный образец; 2) образец с добавкой олеата натрия; 3) образец с добавкой олеата натрия и тетраэтоксисилана.

Образец 1: цемент – 100 мас. ч., песок – 300 мас. ч., вода – 70 мас. ч.; имеет прочность при сжатии через 28 суток – 17,5 МПа (рис. 1), подвижность бетонной смеси – 7,8 см.

Количественный фазовый анализ образцов бетона провести не удалось из-за того, что бетон имеет частично аморфную структуру. Качественный анализ минерального состава контрольного образца бетона был оценен при помощи рентгенограммы, представленной на рис. 2. Наличие гидроксида кальция указывает на

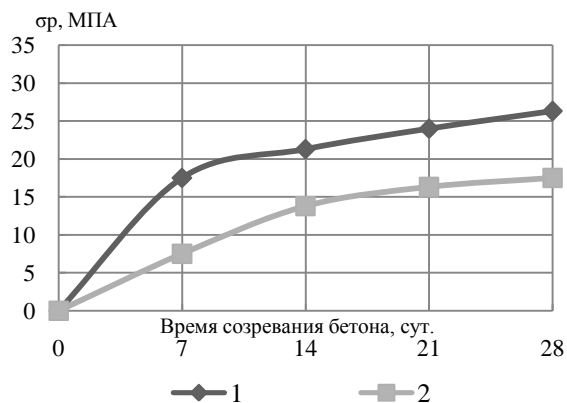


Рис. 1. Зависимость прочности мелкозернистого бетона от времени созревания и состава смеси: 1) песок – 300 мас. ч., цемент – 100 мас. ч., вода – 70 мас. ч.; 2) песок – 300 мас. ч., цемент – 100 мас. ч., вода – 70 мас. ч., олеат натрия – 0,35 мас. ч.

прохождение реакции гидротации алита с водой. На рентгенограмме присутствует незначительная активность кристаллов алита (C_3S) и белита (C_2S), что свидетельствует об их неполной гидратации во время образования бетонного камня. Значительная интенсивность оксида кремния (SiO_2) обусловлена большим содержанием песка в бетонной смеси – 3 части песка на 1 часть цемента.

Образец 2: в смесь песка – 300 мас. ч. и цемента – 100 мас. ч. вводилась вода с добавкой, подготовленная следующим образом: вода – 70 мас. ч., олеат натрия – 0,35 мас. ч., перемешанные мешалкой в течение 15 мин. Полученная бетонная смесь имела осадку конуса

8,2 см. Средняя прочность бетона при сжатии через 28 суток составляет 26,3 МПа. Изменение прочности бетона со временем представлено на рис. 1.

Из рентгенограммы минерального состава бетона с добавкой олеата натрия (рис. 3) видно, что качественный минералогический состав образца 2 незначительно отличается от контрольного образца, хотя имеет большую закристаллизованность, что объясняет повышение прочности бетона при сжатии. Дифракционные отражения алита и белита имеют меньшую интенсивность по сравнению с контрольным образцом (рис. 2), интенсивность дифракционного отражения гидроксида кальция повышена за счет более полного прохождения реакции гидротации алита с водой. Интенсивность оксида кремния аналогична контрольному образцу.

Структура бетона плотная, имеет зернистую поверхность, при увеличении в 1000 раз видно, что расположение заполнителя – хаотичное, плавающее (рис. 4). Преобладают конгломераты малого размера.

Образец 3: в смесь песка – 300 мас. ч. и цемента – 100 мас. ч. вводилась вода с добавкой, подготовленная следующим образом: вода – 70 мас. ч., олеат натрия – 0,35 мас. ч. и ТЭОС – 0,015 мас. ч., перемешанные мешалкой в течение 15 минут. Полученная бетонная смесь имела осадку конуса 8,4 см. Прочность бетона при сжатии через 28 суток составляет 31,3 МПа. Изменение прочности бетона при сжатии во времени представлено на рис. 5.

Рентгенограмма минерального состава бетона с добавкой олеата натрия и тетраэтоксисилана (рис. 6) показывает качественный состав бетона образца 3. Из приведенной рентгенограммы видно, что уровень закристаллизованности образца 3 выше, чем образца 1, и это обусловлено тем, что в процессе гидролиза ТЭОС с водой выделяются наноразмерные частицы оксида кремния, служащие центрами структурообразования бетонного камня.

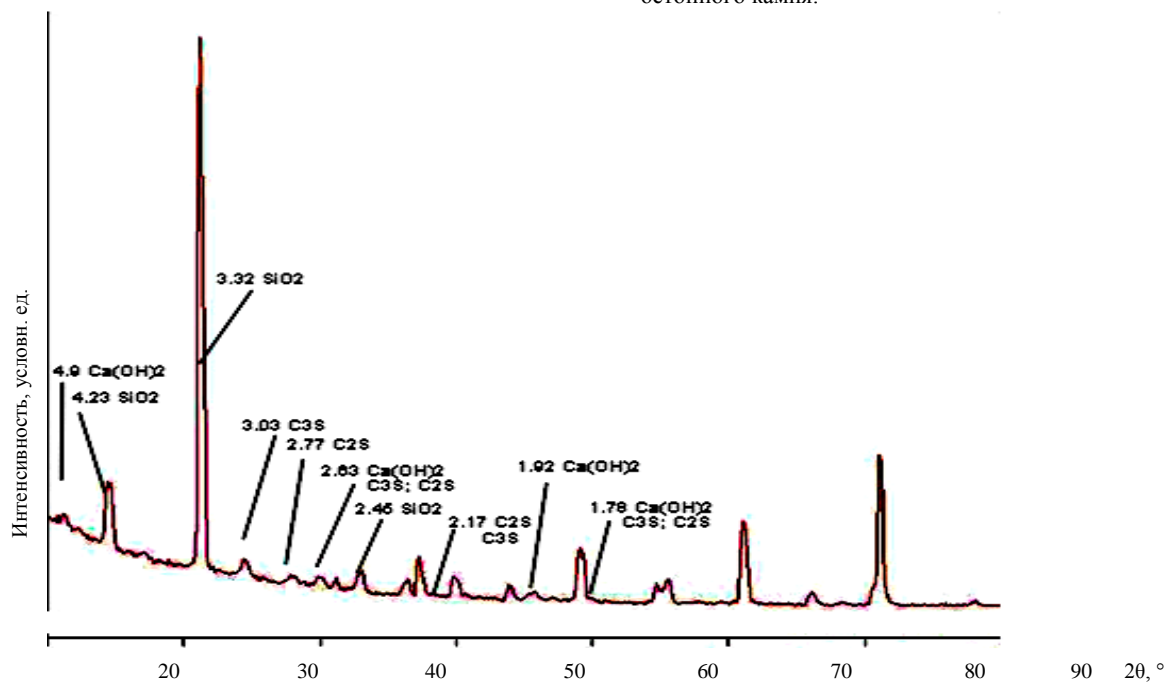


Рис. 2. Рентгенограмма минерального состава контрольного образца бетона: 1. $Ca(OH)_2$ – гидроксид кальция; 2. SiO_2 – оксид кремния; 3. C_3S – алит (трехкальциевый силикат); 4. C_2S – белит (двухкальциевый силикат)

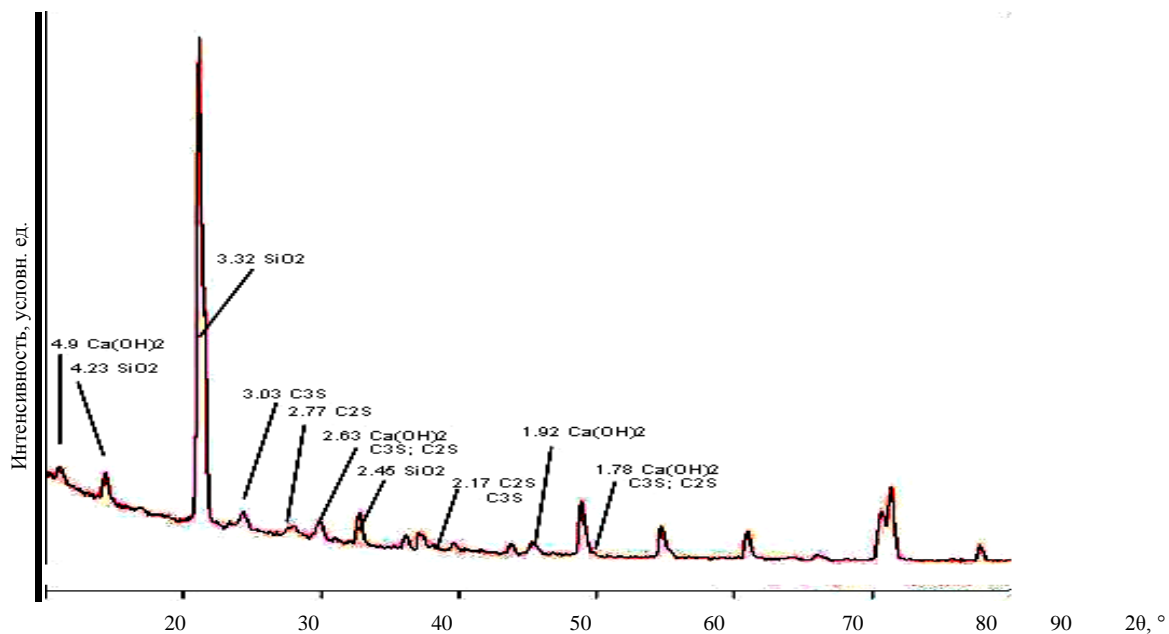


Рис. 3. Рентгенограмма минерального состава бетона с добавкой олеата натрия: 1. $\text{Ca}(\text{OH})_2$ – гидроксид кальция; 2. SiO_2 – песок (оксид кремния); 3. C_3S – алит; 4. C_2S – белит

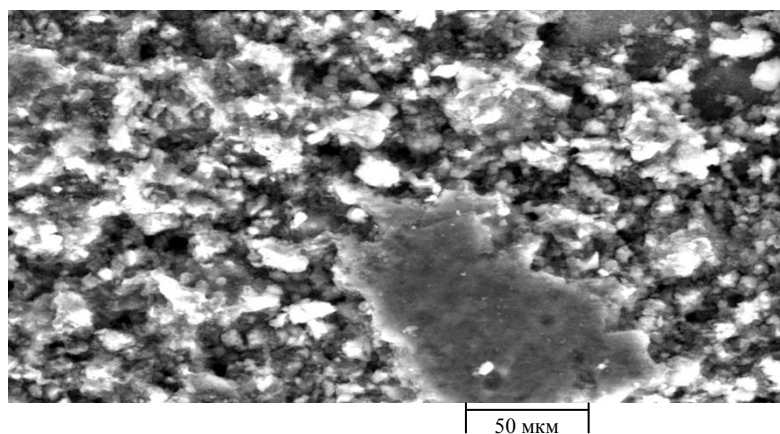


Рис. 4. Поверхность бетона с добавкой олеата натрия, полученная при увеличении в 1000 раз

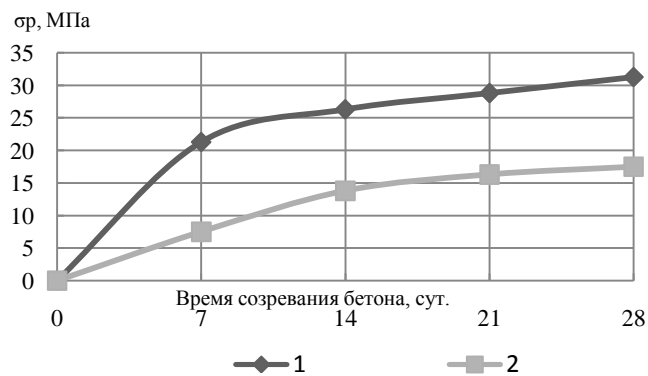


Рис. 5. Зависимость прочности мелкозернистого бетона от времени созревания и состава смеси: 1) песок – 300 мас. ч., цемент – 100 мас. ч., вода – 70 мас. ч.; 2) песок – 300 мас. ч., цем. – 100 мас. ч., вода – 70 мас. ч., олеат натрия – 0,35 мас. ч., ТЭОС – 0,015 мас. ч

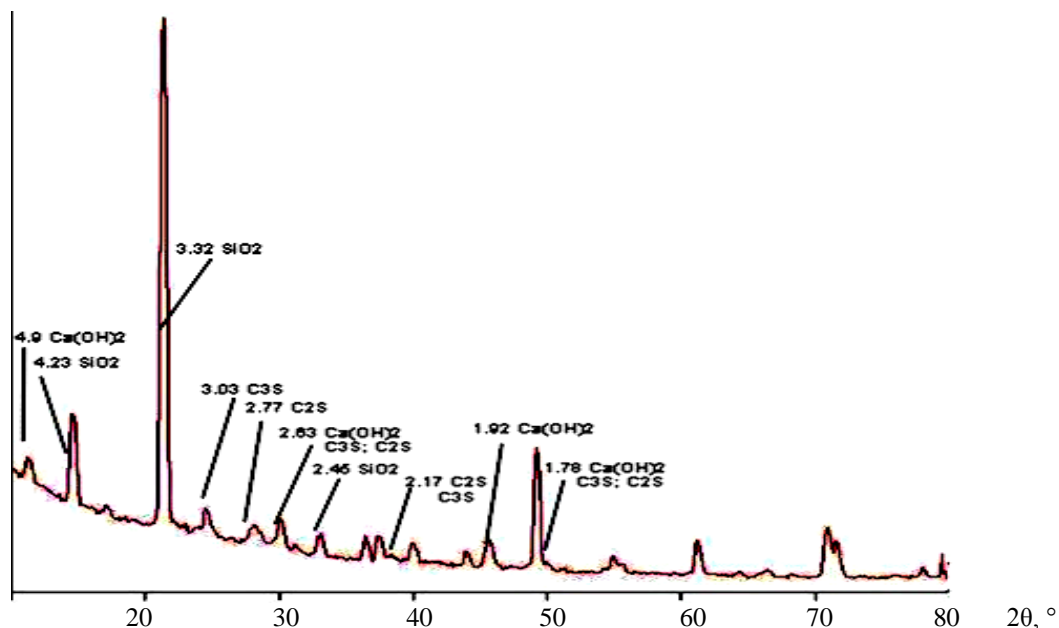


Рис. 6. Рентгенограмма минерального состава бетона с добавкой олеата натрия и ТЭОС: 1. $\text{Ca}(\text{OH})_2$ – гидроксид кальция; 2. SiO_2 – песок; 3. C_3S – алит; 4. C_2S – белит

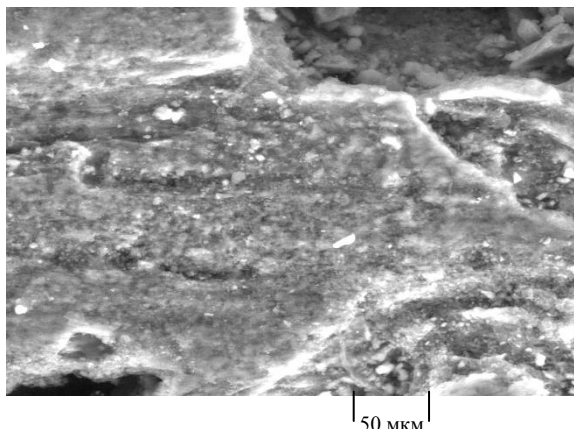


Рис. 7. Поверхность бетона с добавкой олеата натрия и ТЭОС, увеличенная в 1000 раз

Бетон имеет плотную структуру, поверхность – зернистую, при увеличении в 1000 раз видно, что расположение заполнителя – хаотичное, плавающее (рис. 7). Преобладают конгломераты малого размера.

При добавлении тетраэтоксисилана в количестве 0,015 % от массы цемента существенного изменения минерального состава не наблюдается.

Опытным путем было установлено, что применение олеата натрия в бетонную смесь приводит к повышению подвижности бетонной смеси на 5 %, при этом прочность бетона возрастает на 50 %. Совместное воздействие олеата натрия и тетраэтоксисилана на бетонную смесь приводит к повышению подвижности бетонной смеси до 7 % и росту прочности бетона при сжатии до 78 %. Это происходит за счет понижения поверхностного натяжения на границе раздела фаз «цемент – вода», тем самым уменьшается внутреннее напряжение за счет уменьшения контракции пор. Также в результате гидролиза тетраэтоксисилана образу-

ются наноразмерные частицы оксида кремния, которые служат центром структурообразования при формировании цементного камня.

В результате проведения экспериментальных работ по введению ПАВ и органических добавок был получен бетон с прочностью при сжатии, превышающей контрольные образцы на 50–78 %, подвижность смеси увеличилась на 7 %. Модифицированные бетонные смеси рекомендуется применять в строительстве при производстве бетонных полов, стяжек, штукатурки строительных конструкций, заделке стыков в строительных конструкциях.

ЛИТЕРАТУРА

1. ТУ 6-09-1224-83. Олеат натрия.
2. ТУ 6-09-5230-85. Тетраэтоксисилан.
3. ГОСТ 10180-90. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам.
4. ГОСТ 10181-2000. Смеси бетонные. Общие требования.
5. ГОСТ 31108-2003. Цементы общестроительные. Технические условия.

Поступила в редакцию 5 марта 2012 г.

Khristoforov A.I., Khristoforova I.A., Erolov O.L. IMPROVEMENT OF PROPERTIES OF CEMENT-SAND CONCRETE BY INTRODUCTION OF PEAHENS AND ORGANIC SUBSTANCES IN CONCRETE MIX

With science development there is a problem of achievement of macro-effects by introduction in a concrete mix of PEAHENS and organic substances in micro-doses. At the expense of introduction of PEAHENS the superficial tension on border of section of phases “cement – water”, thereby decreases internal pressure, at the expense of hydrolysis tetraethylorthosilicate are formed nanosize particles of silicon serving by the center of structuring of a cement stone. Introduction of the given additives will allow to raise durability of concrete at compression to 80 % and to increase mobility of a concrete mix to 7 %.

Key words: concrete; updating; PEAHENS; organic substances.