

ется, например, 360 кг цемента, то при дозировке 0,5% добавки получаем рабочий раствор суперпластификатора:  $1,206 \cdot 3,6 = 4,342$  л (на 360 кг цемента). Если дозирование происходит в килограммах, то:  $1,429 \cdot 3,6 = 5,144$  кг (на 360 кг цемента). Во всех случаях сможем рассчитать необходимое количество добавки, вводимой в бетонную смесь.

Экономическая эффективность выражается в расчете затрат на производство и реализацию модификатора

$$Э_{\text{ед.}} = 3_1 - 3_2,$$

где  $3_1$  — продажа модификатора (рыночная стоимость);

$3_2$  — приведенные затраты производства модификатора.

К затратам на производство относятся следующие расходы: вода (количество \* стоимость), стоимость реагентов для получения модификатора, цемент (количество \* стоимость), затраты на электроэнергию для получения раствора затворения (количество \* стоимость), фильтрация (если необходима), сушка, термообработка модификатора (если необходима), транспортировка, срок хранения.

Важным фактором использования суперпластификаторов является возможность снижения температуры тепловой обработки изделий (~ на 30%), что положительно отражается на их качестве. Таким образом, снижение температуры тепловой обработки бетона или её продолжительности, а также улучшение удобоукладываемости бетонных смесей позволяют существенно сократить энергозатраты на производство железобетонных и бетонных конструкций.

Использование модификаторов и пластификаторов эффективно как с технологической, так и с экономической точек зрения. Химические добавки, используемые в строительном производстве, значительно снижают энергозатраты на приготовление и укладку бетона, улучшая технологические свойства, способствуют уменьшению расхода цемента. С использованием модификаторов бетона долговечность конструкций увеличивается. Добавки помогают достичь высоких показателей отпускной и проектной прочности бетона.

Из всего вышеперечисленного можно сделать вывод, что рынок добавок для бетона сейчас находится на стадии формирования. Предположительно уровень потребления модификаторов будет продолжать расти. Это связывается с тем, что объемы капитального строительства продолжают увеличиваться, и сейчас имеется большое количество зданий и сооружений, которые требуют реконструкции.

Таким образом, можно совершенно точно говорить и о росте объемов потребления модифицирующих бетон добавок.

УДК 691

*Боровая Ю.А., Костючик Ю.И.*

*Научный руководитель: к.т.н., ассистент Левчук Н.В.*

## ПРОБЛЕМА КАПИЛЛЯРНОГО ДВИЖЕНИЯ ВОДЫ В ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЯХ

Важное достижение науки о бетоне, в частности, разработки научных основ защиты бетона и железобетона от коррозии и повышения долговечности, заключается в том, что коррозионная стойкость бетона зависит от проницаемости цементного камня и бетона для жидких и газообразных агентов, а также от фазового состава и пористости цементного камня. В связи с этим заслуживает особого внимания вопрос об использовании специально синтезированных добавок, оказывающих влияние на процессы структурообразования и кристаллизацию продуктов гидратации.

Вводимые в незначительных количествах добавки оказывают влияние на параметры кристаллизации, на морфологию новообразований (внешний вид фаз, их форму, размер, удельную поверхность), изменяя структуру материала за счет микро-

воздуха(газо) вовлечения, природу поверхности затвердевшего камня, тем самым определяют важнейшие свойства цементного камня и бетона (прочность, пористость и др.).

Все поры в бетоне можно классифицировать по месту нахождения в его объеме на три вида: поры цементного камня, поры заполнителя и контактные поры на поверхности раздела цементного камня и заполнителя. Их размеры и количество влияют на коррозионную стойкость бетона.

Кроме пор, образующихся при затворения цемента, из-за вовлечения воздуха при перемешивании смесей и недостаточного уплотнения, или от недостатка цементного теста для заполнения промежутков между частицами заполнителя могут появляться поры, образовавшиеся в процессе твердения цементного камня. Это приводит к появлению в нем трещин, а также промежутков между частицами твердой фазы, не заполненных в дальнейшем продуктами гидратации. Появляются эти промежутки вследствие неполного уплотнения бетонной смеси или предусмотренного уже составом бетона недостаточного количества цементного камня, или раствора для заполнения всего объема, занимаемого бетоном, что характерно, например, для крупных пористых и фильтрационных бетонов [1,9].

Вода в дисперсных системах является не только растворителем, но и средой, в которой осуществляется перенос растворенных веществ. При этом, в зависимости от механизма влагопереноса и массообменных параметров капиллярно-пористых материалов, интенсивности миграции, а также характер перераспределения в них растворенных веществ может быть различными [4,8]. Формирование слоев связанной воды вблизи поверхности силикатных частиц коллоидных размеров тесно связано с формированием коагуляционной сетки в дисперсии.

С появлением суперпластификаторов и высокодисперсных кремнеземсодержащих материалов отмечается новый этап в технологии бетона. Оптимальное сочетание указанных добавок, а при необходимости совмещение с ними других органических и минеральных материалов в небольших количествах позволяет регулировать реологические свойства бетонных смесей и модифицировать структуру цементного камня на микроуровне так, чтобы придать бетону свойства, обеспечивающие высокую эксплуатационную надежность. Воздействие же модификаторов на сложные коллоидно-химические и физические процессы, происходящие в бетоне, также сказываются на свойствах, отражаются на фазовом составе, пористости, прочности, долговечности цементного камня [2]. В частности, особый интерес представляет введение в бетон модифицирующей добавки коллоидных растворов гидроксида алюминия и гидроксида железа.

Известно, что явление капиллярного осмоса, открытое Б.В. Дерягиным [2,4,6,7,8], состоит в том, что жидкость в капиллярах и порах способна перемещаться под действием гравитации раствора. Причиной капиллярного осмоса является диффузность адсорбционных слоев растворенного компонента. Увлечение потоком жидкости подвижной части диффузных слоев с повышенной (или пониженной) концентрацией растворенного вещества приводит к возникновению гидратации концентрации. В соответствии с уравнениями термодинамики необратимых процессов это обуславливает возможность перекрестного эффекта, а именно — течения жидкости под действием перепада концентраций.

Для обоснования теоретических положений был выполнен комплекс экспериментальных исследований по предварительной модификации портландцемента смесью коллоидных растворов хлорида железа и гидроксида алюминия.

Образцы изготавливались в форме прямоугольных призм размером 4x4x16 см. Для приготовления растворной смеси были взяты компоненты в необходимом соотношении: 510 г песка, 170 г цемента, 85 мл раствора затворения. Растворами затворения являются коллоидные растворы гидроксида алюминия и железа и их смесь.

Коллоидальный раствор гидроксида алюминия получали электрохимическим путем. Пропуская постоянный ток с силой 2А в течение 5-10 мин через электролизер, получает

сы коллоидальный раствор с концентрацией 0.006-0.012 г-экв./л. Концентрация раствора коллоидального гидроксида алюминия определялась методом титрования стандартным раствором соляной кислоты в присутствии метилоранжа. Рабочий раствор представляет собой коллоидный раствор в начальной стадии коагуляции, когда наблюдается опалесценция раствора.

Коллоидный раствор гидроксида железа получали конденсационным методом при гидролизе соли хлорида железа. Для получения раствора железо-хлорид было взято 500 мл дистиллированной воды, нагретой до температуры 80°C. При постоянном помешивании внесли в нее 10 мл 0.1 н раствора FeCl<sub>3</sub>.

Образцы цементно-песчаных растворов выдерживали в течение 1 дня, 3-х, 7-ми, 14-ти, 28-ми суток на воздухе при комнатной температуре (t=18°C). Результаты испытаний приведены в таблице.

Таблица 1 – Изменения массы образцов от 1 до 28 суток

Раствор затворения	Масса и изменение массы образцов (г) в течение 28 суток									
	1	3	Δm <sub>1</sub>	7	Δm <sub>2</sub>	14	Δm <sub>3</sub>	28	Δm <sub>4</sub>	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
вода	585	545	6,8	538	8,03	518	11,5	507	13,3	
Коллоидный раствор Al(OH) <sub>3</sub>	573	553	3,4	549	2,1	541	5,5	538	6,1	
Коллоидный раствор FeCl <sub>3</sub>	522	515	1,3	510	2,2	506	3,1	501	4,2	
Смесь коллоидных растворов в соотношении 1: 1	540	533	2,4	521	3,5	519	3,8	506	6,3	

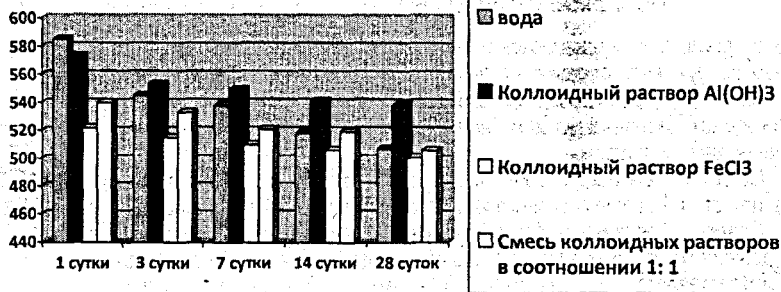


Рисунок 1

**Выводы.** В работе рассматривались проблемы капиллярного движения воды в готовых бетонных и железобетонных изделиях, проблемы коррозии бетона и арматуры, связанные с капиллярным движением воды. Исследовалась взаимосвязь формирования структуры бетона, в частности, формирования пор на процессы капиллярного движения воды, поскольку условия формирования порового пространства (поры цементного теста или поры, образованные при гидратации и др.), играют большую роль в условиях коррозионного воздействия внешней среды.

Процессы формирования структуры цементного камня изучались по потере массы образцов, затворенных водой, коллоидным раствором Al(OH)<sub>3</sub>, коллоидным раствором FeCl<sub>3</sub> и смесью коллоидных растворов, взятых в соотношении 1:1, при твердении в течение 28 суток. Установлено, что наибольшая потеря наблюдается у образцов, затворенных водой, что позволяет предполагать участие коллоидных растворов в процессе структурирования цементного камня.

Учитывая, что материал обычно содержит открытые и закрытые поры и увеличение закрытой пористости за счет открытой приводит к повышению долговечности, а также,

что открытые поры увеличивают проницаемость и водопоглощение, снижая морозостойкость. В работе проводились исследования по формированию открытой пористости в условиях водонасыщения.

Определялось изменение плотности образцов в процессе формирования структуры цементного камня за 1,3, 7, 14, 28 суток.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Блещик Н.П. Структурно-механические свойства и реология бетонной смеси и прессвакуумбетона.
2. Горчаков Г.И. Строительные материалы.
3. Афанасьев Н.Ф., Целуйко М.К. Добавки в бетоны и растворы
4. Воронков М.Г., Шорохов Н.В. Водоотталкивающие покрытия в строительстве.
5. Лыков А.В. Явление переноса в капиллярно-пористых телах.
6. Хейфец Л.И., Неймарк А.В. Многофазные процессы в пористых средах.
7. Давидсон М.Г. Водонепроницаемый бетон.
8. Дерягин Б.В., Овчаренко Ф.Д., Чураева Н.В. Вода в дисперсных системах.

УДК 628.162

*Вдовиченко И.Г.*

*Научный руководитель: к.т.н., ассистент Лещук Н.В.*

#### ПЕРСПЕКТИВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЗРЫВНЫХ КАМЕР ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

В результате механической и биологической очистки городских сточных вод на очистных сооружениях образуются различного вида осадки, содержащие органические вещества. Это отбросы, задерживаемые решетками, осадок, выпадающий в первичных отстойниках, активный ил или биопленка, образующиеся в сооружениях аэробной биологической очистки воды.

Общий объем осадков, как правило, составляет 1% объема обрабатываемых стоков, при этом на долю активного ила приходится 60-70% образующихся осадков [8].

Осадок из первичных отстойников крайне неоднороден по фракционному составу. По данным московских очистных станций, содержание в нем частиц крупностью более 7-10 мм составляет 5-20%, крупностью 1-7 мм – 9-33%, крупностью менее 1 мм – 50-88% массы сухого вещества.

Осадок имеет влажность 92-96%, слабокислую реакцию среды, в значительной степени насыщен микроорганизмами (в том числе патогенными), содержит яйца гельминтов.

Активный ил по фракционному составу значительно однороднее осадка первичных отстойников; около 98% (по массе) частиц ила имеют размер менее 1 мм. Влажность активного ила в зависимости от принятой схемы обработки составляет 96-99,2%. Хлопья ила, состоящие из большого числа многослойно расположенных клеток микроорганизмов, заключенных в слизь, обладают очень развитой удельной площадью поверхности, составляющей около 100 м<sup>2</sup> на 1 г сухого вещества. Так же как осадок, ил может быть заражен яйцами гельминтов.

Твердая фаза осадков городских сточных вод состоит из органических и минеральных веществ. Органическая, или беззольная, часть в осадке из первичных отстойников составляет 65-75% массы сухого вещества, в иле – 70-75%. Соответственно зольность осадка колеблется от 25 до 35%, ила – от 25 до 30%.

Основными компонентами беззольной части осадка и ила являются белково-, жиро-, углеводоподобные вещества, в сумме составляющие 80-85%. Остальные 15-20% при-