

А. П. НИКИФОРОВ, Н. А. МАТЕНЧУК (ДИИТ),  
О. А. ПУШКАРЕНКО, Д. О. ГОРИДЬКО (ПГАСиА)

## РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЦЕМЕНТНЫХ КОМПОЗИЦИЙ С КОМПЛЕКСНЫМИ МОДИФИКАТОРАМИ

Викладені результати досліджень реологічних властивостей цементних композицій з комплексними модифікаторами. Запропонована методика визначення оптимальних дозувань хімічних домішок.

Изложены результаты исследований реологических свойств цементных композиций с комплексными модификаторами. Предложена методика определения оптимальных дозировок химических добавок.

The work describes the results of study of the rheological properties of cement compositions with complex modifiers, and offers a method of determining the optimal dosage of the chemical additives.

В настоящее время получение бетонов с высокими эксплуатационными свойствами связано с получением бетонов оптимальной структуры.

Оптимальная структура подразумевает равномерное распределение заполнителя по объему, наличие непрерывной прослойки в виде пространственной сетки вяжущего вещества, базовое отношение в котором В/Ц должно иметь минимально возможную величину. Необходимым требованием также является плотная упаковка составляющих бетона, компактное размещение их в микро- и макроструктуре.

Проблема оптимизации состава бетона с комплексными модификаторами осложняется необходимостью учета двух параметров [1]:

- изменения удобоукладываемости бетонной смеси;
- изменения прочности бетонов.

Бетоны относятся к конгломератным материалам, где реологические и физико-механические свойства определяются структурой дисперсного компонента, т. е. цементного теста и цементного камня.

Комплексные модификаторы вызывают изменения технологических свойств цементного теста.

Установлено, что при низкой концентрации пластификатора в водном растворе вяжущего вещества вязкость цементного теста может не изменяться. Некоторые пластификаторы лишь слабо снижают вязкость цементного теста, которую можно считать неизменной до некоторой критической величины добавки  $D_{\min}$ . В случае, если количество добавки превосходит критическое значение  $D_{\min}$ , начинается интенсивное

изменение вязкости цементного теста, пропорционально концентрации пластификатора в его жидкой фазе.

Из полученных экспериментальных данных следует, что скорость изменения вязкости зависит от вида добавки, которая определяет химический механизм ее взаимодействия с вяжущим веществом. Наибольшее снижение вязкости системы наблюдается при использовании добавки ПДКк, меньшее влияние составляют ЛСТ.

О влиянии этих добавок на цементное тесто можно судить по изменению его водопотребности для получения стандартной консистенции, которая отвечает нормальной густоте цементного теста.

Для двух видов портландцемента криворожского и балаклейского сделано определение нормальной густоты цементного теста без добавок и с разным количеством добавок. Как видно из таблицы, водопотребность теста на криворожском цементе с нормальной густотой 24,6 % при введении разных добавок снижалась 13,3...22,9 %. На балаклейском цементе (нормальная густота 27 %) аналогичное снижение водопотребности наблюдалось 5,5...19,25 %.

Итак, цементное тесто на криворожском цементе более склонно к пластификации, хотя влияние добавки ПДКк оказалось значительно меньше.

Если рассмотреть изменение вибровязкости пластифицированного цементного теста от влияния разных добавок, то легко обнаружить три зоны влияния пластификатора. Это изображается приблизительно S-подобной кривой, приведенной на рисунке.

Влияние химических добавок на водопотребность теста нормальной густоты

Добавки	Количество добавки, %	Нормальная густота цементного теста, % (криворожский цемент)	Снижение водопотребности теста нормальной густоты при введении добавки, %	Нормальная густота цементного теста, % (балаклеис кий цемент)	Снижение водопотребности теста нормальной густоты при введении добавки, %
ЛСТ	0,10	22,6	16,2	24,5	9,20
ЛСТ	0,15	21,6	20,0	24,1	10,70
ЛСТ	0,20	21,4	20,7	23,7	12,20
ЛСТ	0,25	21,0	22,2	22,8	15,50
ЛСТ	0,30	20,8	22,9	22,2	17,70
ПДК	0,10	23,4	13,3	25,5	5,5
ПДК	0,20	23,0	14,8	24,9	7,77
ПДК	0,40	22,9	15,8	24,5	9,25
ПДК	0,60	22,4	17,0	23,7	12,22
ПДК	0,80	22,2	17,7	23,3	13,7
ПДКо	0,10	23,2	14,0	25,2	6,66
ПДКо	0,20	22,9	15,18	24,7	8,51
ПДКо	0,40	22,8	15,5	24,3	10,00
ПДКо	0,60	22,2	17,7	23,5	12,90
ПДКо	0,80	21,9	18,8	23,1	14,44
ПДКн	0,10	22,5	16,5	24,0	11,10
ПДКн	0,20	21,7	19,6	23,8	11,85
ПДКн	0,40	21,2	21,48	23,5	12,90
ПДКн	0,60	20,8	22,9	22,6	16,30
ПДКн	0,80	20,3	24,8	21,9	18,88
ПДКк	0,10	21,9	18,8	23,2	14,07
ПДКк	0,20	21,7	19,6	23,0	14,81
ПДКк	0,40	21,2	21,4	22,8	15,55
ПДКк	0,60	20,8	22,9	22,1	18,14
ПДКк	0,80	21,0	22,2	21,8	19,25

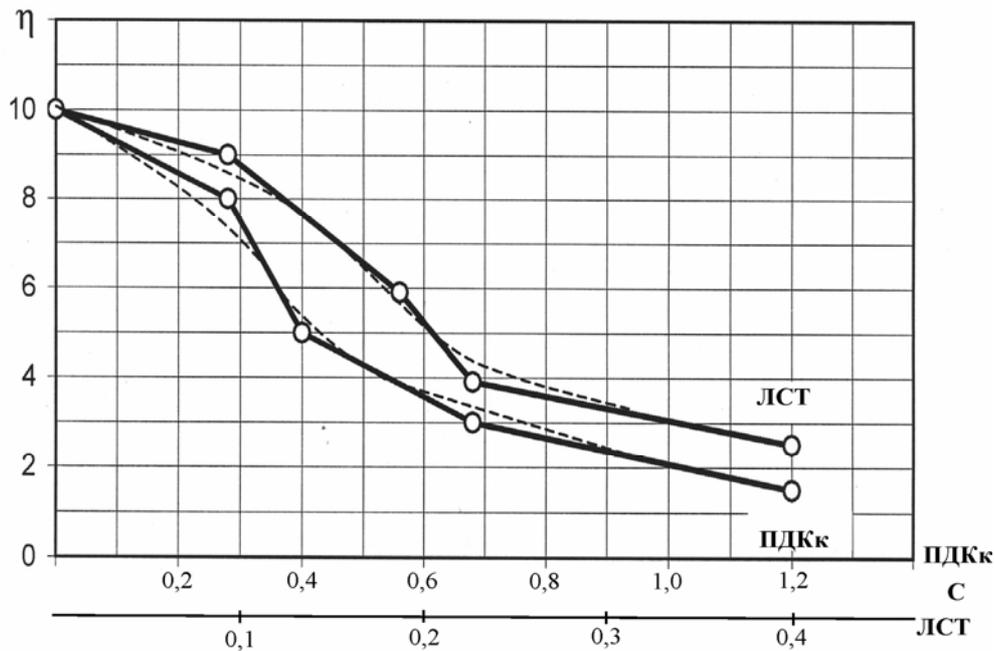


Рис. Зависимость вязкости цементного теста от количества пластификатора (ЛСТ и ПДКк)

Первая зона характерна практически отсутствием эффекта пластификации. Интервал первой зоны определяет значение  $D_{\min}$ , выше которого уже интенсивно проявляется эффект пластификации. Вторая зона пропорционального развития эффекта пластификации характерна наибольшим проявлением свойств данной добавки. Чем выше эффективность добавки, тем больше скорость снижения вязкости цементного теста от введения единицы массы данной добавки на единицу объема жидкой фазы цементного теста. Вторая зона завершается условной критической точкой  $D_{\min}$ , за которой эффект пластификации начинает падать, происходит расслоение цементного теста. Это третья зона пластификации, характерная избыточным количеством добавки [2].

При избыточном количестве добавки неизменно расслоение цементного теста в результате его флокуляции и проявление временной нестойкости. Цементное тесто в третьей зоне пластификации отличается нестабильностью, которая поясняется перенасыщением поверхности твердой фазы молекулами пластификатора и появлением части несвязных свободных молекул химической добавки в жидкой фазе системы.

Таким образом, эффективность пластификации цементного теста возможна при содержании добавки в границах  $D_{\min} < D < D_{\max}$ . В этом случае возможно полное использование

пластификатора без нарушения структуры цементного теста. Вторая критическая точка является технологической границей  $D_{\max}$  насыщение водного раствора в бетоне пластификатором.

Избыточное его насыщение сказывается на прочности материала, вызывая значительное ее снижение. Критические точки  $D_{\min}$  и  $D_{\max}$  часто не являются четко выраженными и их положение может определяться точкой пересечения касательных к соседним участкам кривой.

Анализ экспериментальных данных изменения вязкости пластифицированного цементного теста показал, что она может быть выражена уравнением

$$\eta_{on} = \eta_o \left[ 1 - \left( \frac{D}{Mn} \right)^2 \right], \quad (1)$$

где  $\eta_o$  – вибровязкость цементного теста нормальной густоты без добавок;  $D$  – количество добавки в процентах от объема воды затворения;  $Mn$  – модуль пластификации, который характеризует пластифицирующее действия данной добавки.

Из уравнения (1) вытекает, что модуль пластификации данной добавки равен

$$Mn = \frac{D}{\sqrt{1 - \eta_{on}/\eta_o}}. \quad (2)$$

В приведенной зависимости количество добавки должно находиться в границах  $D_{\min} \leq D \leq D_{\max}$  [3]. Из этого условия можно также установить наибольший пластифицирующий эффект цементного теста от применения данной добавки или делать сравнения пластифицирующего эффекта различных добавок.

Пластифицирующий эффект цементного теста зависит от концентрации добавки и модуля пластификации

$$\eta_{\min} = \eta_o \left[ 1 - \left( \frac{D_{\max}}{Mn} \right)^2 \right]. \quad (3)$$

#### Выводы

1. Установлено влияние комплексных модификаторов на основе ПДКк и ПДКн на удобоукладываемость смеси.

2. Показаны три зоны изменения удобоукладываемости в зависимости от количества введенной пластифицирующей добавки;

3. Уменьшение водопотребности цементного теста составляет 5,5...22,9 %;

4. Предложена методика определения оптимальной концентрации химических добавок.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Никифоров А. П. Особенности производства бетонных работ с использованием бетононасосного транспорта / А. П. Никифоров, О. А. Пушкаренко // Инновационные технологии диагностики, ремонта и восстановления объектов строительства и транспорта. – Д. – 2004. – С. 50–52.
2. Пунагин В. Н. Основы проектирования состава бетона. – Ташкент, 1983. – 287с.
3. Ли Ф. М. Химия цемента и бетона. – М.: Госстройиздат, 1961. – 462 с.

Поступила в редколлегию 28.05.2005.