

УДК 666.9.017

В. Б. МАРТЫНОВА^а, Е. В. ЕГОРОВА^а, К. А. КОРЧАГИНА^а, Д. В. ДАНИЛОВА^а, А. В. ПАРАМОНОВА^б^а ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», ^б ГОУ ЛНР «Луганский национальный аграрный университет»

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СТИРОЛ-АКРИЛОВОЙ ДИСПЕРСИИ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЦЕМЕНТНО-ПЕСЧАНЫХ РАСТВОРОВ

Аннотация. Исследовано влияние стирол-акриловой дисперсии на показатели подвижности цементно-песчаных растворных смесей и значения механических свойств цементно-песчаных растворов. Приведены зависимости свойств цементно-песчаной растворной смеси и раствора от концентрации введенной в их состав дисперсии. Установлено, что стирол-акриловая дисперсия существенно повышает прочностные характеристики растворов в возрасте 28 суток стандартного твердения. При использовании в смеси мелкого заполнителя пониженного качества, в частности с большим содержанием пылевато-глинистых частиц, отмечено существенное повышение предела прочности при изгибе на 54 и на 43,8 % при использовании качественного мелкого заполнителя. Значение предела прочности на сжатие повышается на 30,3 % при использовании качественного мелкого заполнителя; при применении заполнителя пониженного качества изменение величины предела прочности на сжатие не зафиксировано.

Ключевые слова: подвижность, прочность, цементно-песчаный раствор, стирол-акриловая дисперсия.

АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ

В соответствии с принципами устойчивого развития, положенными в основу «Программы 21 для устойчивого строительства» («Agenda 21 for Sustainable Construction», Rio de Janeiro, 1992), для отрасли строительной индустрии требуется разработка и внедрение ресурс- и энергоэффективных строительных материалов, инновационных технологий их производства.

Реализация в мировой практике уникальных проектов (протяженные подвесные мосты в Японии и Китае, комплексы крупных гидротехнических и транспортных сооружений в Голландии, нефтедобывающие платформы в Норвегии, высотные здания и сооружения) обусловила повышение требований к бетонам и бетонным смесям: быстрые темпы набора прочности, высокие физико-механические характеристики, т. е. использование «высокофункциональных бетонов» (High Performance Concretes). Это обеспечивается за счет применения комплексов модификаторов, включающих, как правило, химические добавки различного принципа действия, например активные минеральные добавки (наполнители), ускорители твердения и др.

На развитие и совершенствование технологического процесса производства бетонных смесей, формирования из них железобетонных конструкций оказывают влияние два ключевых фактора: с одной стороны, получение прочного и долговечного бетона, с другой – снижение трудовых и энергетических затрат при его производстве. На протяжении продолжительного периода эти два фактора оставались противоречивыми, так как для получения высокопрочных, долговечных бетонов их составы проектировали с низким значением водоцементного отношения, что приводило к получению жестких бетонных смесей, требующих повышенных энергетических затрат как при перемешивании, так и при укладке и вибрационном уплотнении в формах. Последнее существенно повышает трудоемкость технологического процесса. В то же время возможность получения высокоподвижных бетонных смесей обеспечивалась в основном за счет увеличения расхода воды затворения, что, в свою очередь, приводит к снижению прочности и долговечности бетона.

© В. Б. Мартынова, Е. В. Егорова, К. А. Корчагина, Д. В. Данилова, А. В. Парамонова, 2020

Эти противоречия в значительной мере были решены с разработкой эффективных пластификаторов и суперпластификаторов в середине 70-х годов XX столетия. Их применение в составах бетона обеспечило возможность получения высокоподвижных (литых) бетонных смесей и бетонов с высокими физико-механическими и эксплуатационными характеристиками на рядовых портландцементе и заполнителях за счет двух основных эффектов: пластифицирующего и водоредуцирующего [1–3]. В то же время, наряду с очевидными преимуществами получения высокоподвижных бетонных смесей, большинство суперпластификаторов оказывали замедляющее действие на схватывание и твердение бетонной смеси, особенно при высоких концентрациях.

Согласно [4–7] совместимость в системе «портландцемент – суперпластификатор» затрагивает следующие параметры, связанные с цементом: химический и минералогический состав, в частности содержание C_3A , содержание щелочей и свободной извести, состав и тип сульфата кальция (дигидрат, базанит, ангидрид), размер частичек цемента. Принимая во внимание свойства суперпластификатора, следующие факторы имеют значение: химическая природа и средняя молекулярная масса, степень полимеризации, количество добавки и способ введения в бетонную смесь.

Применительно к бетону совместимость добавок с цементами можно рассматривать как способность добавок обеспечивать требуемые технологические эффекты и поддерживать их на заданном уровне определенное время с учетом действия различных факторов [8].

Целью настоящей работы является исследование влияния стирол-акриловой дисперсии на показатели подвижности цементно-песчаных растворных смесей и показатели прочности цементно-песчаных растворов.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Для определения влияния стирол-акриловой дисперсии на характеристики цементно-песчаных растворных смесей и растворов были приготовлены составы с использованием мелкого заполнителя пониженного качества с большим содержанием пылевато-глинистых частиц и промытого.

В качестве компонентов цементно-песчаных растворных смесей приняты:

– портландцемент (ПЦ) ЦЕМ I 42,5Н Амвросиевского цементного завода ООО «ПИК ЦЕМЕНТ +» ($S_{уд} = 357 \text{ см}^2/\text{кг}$; $НГ = 26,2 \%$, $R_{28} = 43,5 \text{ МПа}$);

– песок (ПК) кварцевый Ясиноватского карьера с $M_k = 1,1$ (содержание ПИГ = 13% (составы 3–6) – ПК1; в промытом ПИГ = 1% (составы 7–10) – ПК2);

– стирол-акриловая дисперсия (Д) Номаcryl ООО «Группа ХОМА», Россия (значение $pH = 7,9$, массовая доля нелетучих веществ (С) = 49,3%). Количество стирол-акриловой дисперсии было принято 0,5% (составы 3–4, 7–8) и 0,9% (составы 5–6, 9–10) от массы вяжущего вещества.

Количество воды (В) было принято постоянным ($В/Ц = 0,4$).



Подвижность цементно-песчаных растворных смесей исследовали с применением миниконуса по ГОСТ 310.4-81 [9]. Образцы набирали прочность в стандартных условиях (составы 3, 5, 7, 9) и с применением тепловлажностной обработки (составы 4, 6, 8, 10). Физико-механические свойства образцов цементно-песчаной смеси и раствора определяли по стандартным методикам.

Составы растворных смесей и показатели подвижности приведены в таблице 1; физико-механические характеристики цементно-песчаных растворов – в таблице 2.

Таблица 1 – Состав и свойства свежеприготовленных растворных смесей

№ состава	Расход компонентов, кг (л)					Диаметр расплыва, мм	
	ПЦ	ПК1	ПК2	В	Д		
1	0,5	1,5	–	0,2	–	106	
2		–	1,5		–	116	
3		1,5	–		0,5 % $m_{ц}$	0,5 % $m_{ц}$	110
4							
5							
6							
7		–	1,5		0,5 % $m_{ц}$	0,9 % $m_{ц}$	112
8							
9							
10							

Таблица 2 – Механические свойства растворов

№ состава	Внешний вид среза образцов	Предел прочности при изгибе – $R_{изг}$, МПа	Предел прочности при сжатии – $R_{сж}$, МПа
1		4,94	25,00
2		6,74	36,40
3		6,83	25,22
4		6,01	17,32
5		7,61	23,41
6		5,45	18,55
7		8,04	30,34
8		4,35	18,93
9		6,78	46,53
10	темные вкрапления в толще образцов – новообразования	4,55	14,57

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТОВ И ВЫВОДЫ

Отмечено увеличение подвижности цементно-песчаной растворной смеси при использовании промытого заполнителя. Увеличение содержания стирол-акриловой дисперсии также оказывает пластифицирующий эффект на растворную смесь. Кроме того, наблюдается снижение средней плотности образцов, что обусловлено воздухововлечением в смесь при перемешивании. Это положительно отразится на показателях морозостойкости.

По результатам экспериментов установлено, что введение стирол-акриловой дисперсии в состав цементно-песчаных растворов существенно влияет на их прочностные характеристики. Наибольший эффект отмечен при использовании в составе смеси промытого заполнителя. Также при содержании дисперсии в количестве 0,5 % от массы портландцемента отмечен прирост значения предела прочности при изгибе 36,26 % при использовании в составе смеси заполнителя пониженного качества. А предел прочности при сжатии увеличивается на 30,34 % при использовании промытого заполнителя.

Увеличение как предела прочности при изгибе (на 43,8 %), так и предела прочности при сжатии (на 30,33 %) зафиксировано при содержании дисперсии 0,9 % от массы портландцемента и использовании промытого заполнителя.

Таким образом, можно сделать вывод, что введение в цементно-песчаную смесь стирол-акриловой дисперсии оказывает существенное влияние на показатели предела прочности на растяжение при изгибе. Вероятно, это связано с химической природой дисперсии и образованием в растворах новообразований, обладающих большой растяжимостью и влияющих на среднюю плотность раствора.

Можно рекомендовать применять стирол-акриловую дисперсию Homacryl (ООО «Группа ХОМА», Россия) в конструкциях, испытывающих значительные растягивающие и изгибающие нагрузки и за счет этого сокращать количество арматурных элементов в растянутых зонах.

В дальнейшем предполагается изучить влияние дисперсии совместно с минеральными добавками на прочностные характеристики растворов и бетонов и показатели морозостойкости.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Батудаева, А. В. Высокопрочные модифицированные бетоны из самовыравнивающихся я смесей [Текст] / А. В. Батудаева, Г. С. Кардунян, С. С. Каприелов // Бетон и железобетон. – 2005. – № 4. – С. 14–18.

2. Каприелов, С. С. Модифицированные бетоны нового поколения: реальность и перспектива [Текст] / С. С. Каприелов, В. Г. Батраков, А. В. Шейнфельд // Бетон и железобетон. – 1999. – № 6. – С. 6–10.
3. Зайченко, Н. М. Органо-минеральные модификаторы высокопрочных бетонов на основе смеси суперпластификаторов [Текст] / Н. М. Зайченко, Е. В. Сахошко // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди : зб. наук. праць. – 2006. – Вип. 14. – С. 57–63.
4. Hanehara, S. Rheology and early age properties of cement systems [Текст] / S. Hanehara, K. Yamada // Cement and Concrete Research. – 2008. – Vol. 38, No 1. – P. 175–195.
5. Dispersing agents for cement based on modified polysaccharides [Текст] / M. C. Vieira, D. Klemm, L. Einfeldt, G. Albrecht // Cement and Concrete Research. – 2005. – Vol. 35, No 5. – P. 883–890.
6. Erdoğan, S. Effect of retempering with superplasticizer admixtures on slump loss and compressive strength of concrete subjected to prolong mixing [Текст] / S. Erdoğan // Cement and Concrete Research. – 2005. – Vol. 35, No 5. – P. 907–912.
7. Prince, W. Ettringite formation: A crucial step in cement superplasticizer compatibility [Текст] / W. Prince, M. Espagne, P.-C. Aïtcin // Cement and Concrete Research. – 2003. – Vol. 33, No 5. – P. 635–641.
8. Зайченко, Н. М. Высокопрочные тонкозернистые бетоны с комплексно модифицированной микроструктурой [Текст] : дисс... д-ра техн. наук : 05.23.05 / Зайченко Николай Михайлович. – Макеевка : ДонНАСА, 2009. – 356 с.
9. ГОСТ 310.4-81. Цементы. Методы определения предела прочности при изгибе и сжатии = Cements. Methods of bending and compression strength determination : [Текст] межгосударственный стандарт : издание официальное. – Взамен ГОСТ 310.4-76 ; введ. 1981-08-21 / Министерство промышленности строительных материалов СССР, Государственный комитет СССР по делам строительства, Министерство энергетики и электрификации СССР. – Москва : ИПК Издательство стандартов, 2003. – 11 с. – Текст : непосредственный.

Получена 25.12.2019

В. Б. МАРТИНОВА ^a, О. В. ЄГОРОВА ^a, К. О. КОРЧАГІНА ^a, Д. В. ДАНИЛОВА ^a,
А. В. ПАРАМОНОВА ^b

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СТИРОЛ-АКРИЛОВОЇ ДИСПЕРСІЇ НА ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ЦЕМЕНТНО-ПІЩАНИХ РОЗЧИНІВ

^a ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури», ^b ДООУ ЛНР «Луганський національний аграрний університет»

Анотація. Досліджено вплив стирол-акрилової дисперсії на показники рухливості цементно-піщаних сумішей розчинів та значення механічних властивостей цементно-піщаних розчинів. Наведені залежності властивостей цементно-піщаної суміші розчину і розчину від концентрації введеної до їх складу дисперсії. Встановлено, що стирол-акрилова дисперсія істотно підвищує характеристики міцності розчинів у віці 28 діб стандартного твердіння. При використанні в суміші дрібного заповнювача зниженої якості, зокрема з великим вмістом пилувато-глинистих частинок, відзначено істотне підвищення межі міцності при вигині на 54 і на 43,8 % при використанні якісного дрібного заповнювача. Значення межі міцності на стиск підвищується на 30,3 % при використанні промитого заповнювача; при застосуванні заповнювача зниженої якості зміни величини межі міцності на стиск не зафіксовано.
Ключові слова: рухливість, міцність, цементно-піщаний розчин, стирол-акрилова дисперсія.

VITA MARTYNOVA ^a, ELENA EGOROVA ^a, KARINA KORCHAGINA ^a,
DARIA DANILOVA ^a, ANASTASIA PARAMONOVA ^b

STUDY OF THE INFLUENCE OF STYRENE-ACRYLIC DISPERSION ON THE PHYSIC-MECHANICAL PROPERTIES OF CEMENT-SAND MORTARS

^a Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, ^b Lugansk National Agrarian University

Abstract. The effect of styrene-acrylic dispersion on the mobility indices of cement-sand mortar mixtures and the values of the mechanical properties of cement-sand mortars are studied. The dependence of the characteristics of the cement-sand mortar mixture and mortar on the concentration introduced into the composition of the dispersion is given. It was found that the introduction of styrene-acrylic dispersion significantly increases the strength characteristics of solutions at the age of 28 days of standard hardening. When using a fine aggregate of reduced quality in a mixture, in particular, with a high content of dusty clay particles, a significant increase in the tensile strength in bending by 54 and 43.8 % when using high-quality fine aggregate is noted. The value of compressive strength is increased by 30.3 % when using washed aggregate; when using a filler of reduced quality, a change in the value of the compressive strength is not fixed.
Key words: slump, strength, cement-sand mortar, styrene-acrylic dispersion.

Мартынова Вита Борисовна – кандидат технических наук, доцент кафедры технологий строительных конструкций, изделий и материалов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: ячеистые бетоны.

Егорова Елена Владимировна – кандидат технических наук, доцент кафедры технологий строительных конструкций, изделий и материалов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: самоуплотняющиеся бетоны.

Корчагина Карина Александровна – магистрант кафедры технологий строительных конструкций, изделий и материалов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: бетоны с высокими эксплуатационными характеристиками.

Данилова Дарья Витальевна – магистрант кафедры технологий строительных конструкций, изделий и материалов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: применение химических добавок в высокофункциональных бетонах.

Парамонова Анастасия Владимировна – аспирант кафедры архитектуры и автомобильных дорог ГОУ ЛНР «Луганский национальный аграрный университет». Научные интересы: ячеистые бетоны.

Мартынова Віта Борисівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри технологій будівельних конструкцій, виробів і матеріалів ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: ніздрюваті бетони.

Егорова Елена Володимирівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри технологій будівельних конструкцій, виробів і матеріалів ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: бетони, що самоупільнюються.

Корчагіна Карина Олександрівна – магістрант кафедри технологій будівельних конструкцій, виробів і матеріалів ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: бетони з високими експлуатаційними характеристиками.

Данилова Дар'я Віталіївна – магістрант кафедри технологій будівельних конструкцій, виробів і матеріалів ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: застосування хімічних добавок у високофункціональних бетонах.

Парамонова Анастасія Володимирівна – аспірант кафедри архітектури та автомобільних доріг ДООУ ЛНР «Луганський національний аграрний університет». Наукові інтереси: ніздрюваті бетони.

Martynova Vita – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Technologies of Building Structures, Products and Materials Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: cellular concretes.

Egorova Elena – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Technologies of Building Structures, Products and Materials Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: self-compacting concretes.

Korchagina Karina – master's student, Technologies of Building Structures, Products and Materials Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: high performance concrete.

Danilova Daria – master's student, Technologies of Building Structures, Products and Materials Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: the use of chemical additives in high performance concretes.

Paramonova Anastasia – post-graduate student, Architecture and Highways Department, Luhansk National Agrarian University. Scientific interests: cellular concretes.