

УДК 666.972.16

Е. В. ЕГОРОВА, И. Ю. ПЕТРИК, В. Н. ГУБАРЬ

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

**ВЛИЯНИЕ МОДИФИКАТОРОВ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ
СВОЙСТВА ЦЕМЕНТНЫХ БЕТОНОВ**

Разработаны составы эффективных модификаторов многофункционального действия ММФ-1 и ММФ-2 на основе минеральных веществ из отходов промышленности и определены их оптимальные количества для достижения максимальной сохранности подвижности бетонных смесей с течением времени, а также истираемости бетона. Состав ММФ-1: молотый шлак Угледорской ТЭС – 20 %, суперпластификатор С-3 – 0,75 %, регулятор твердения Na_2SO_4 – 0,5 %. Состав ММФ-2: зола-унос Угледорской ТЭС – 20 %, С-3 – 0,75 %, Na_2SO_4 – 0,5 %. Применение в составах цементных бетонов модификаторов многофункционального действия увеличивает подвижность бетонной смеси в течение определенного промежутка времени и при этом не снижает прочностные показатели бетона.

цементный бетон, физико-механические свойства, многофункциональный модификатор, адсорбция суперпластификатора, подвижность, истираемость

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Основные характеристики бетонных смесей – удобоукладываемость, время схватывания и т. д. К ним предъявляется ряд требований, выполнить которые одновременно невозможно без использования модификаторов, например высокая подвижность, длительное время транспортировки и быстрый набор прочности. При этом основной задачей является обеспечение требуемой прочности и долговечности бетонной конструкции. Поэтому применение добавок в современном строительстве не только рекомендуется, но и необходимо [4, 8].

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Зарубежный опыт показывает, что более 70 % всего объема бетона укладывается с применением химических добавок [9]. Несмотря на некоторое удорожание стоимости бетона, применение добавок экономически оправдано из-за улучшения ряда технологических параметров и повышения эксплуатационных свойств.

Обычные пластификаторы даже в небольших количествах вызывают замедление гидратации цементного камня вследствие уменьшения проницаемости воды через создаваемые ими адсорбционные слои. С увеличением дозировки пластификаторов адсорбционные слои становятся менее проницаемыми и скорость гидратации, а также прочность бетона снижаются. Решающим преимуществом суперпластификатора (СП) перед обычными пластификаторами является то, что они практически не снижают прочности бетона. Кроме того, СП обеспечивают снижение водопотребности бетонной смеси до 20...30 % (обычные пластификаторы позволяют снизить водопотребность всего на 8... 10 %). При этом прочность бетона повышается на класс и более [2].

Широкое применение химических модификаторов позволяет решить многие задачи, стоящие перед строительным комплексом. Теперь можно и необходимо получать высококачественные и высокотехнологичные бетоны и растворы, которые имеют увеличенный срок эксплуатации до 100 лет и более [6].

Целью работы является исследование физико-механических свойств цементных бетонов, модифицированных комплексной добавкой многофункционального действия.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Характеристика материалов. В качестве компонентов цементного бетона приняты:

- портландцемент (ПЦ) Амвросиевского цементного комбината (М400; нормальная густота НГ 27 %) и гипсовый камень (удельная поверхность $S_{уд} = 380 \text{ м}^2/\text{кг}$; активность 43,0 МПа);
- щебень гранитный (ЩГ) фракции 5–10 мм (насыпная плотность $\rho_{нас} = 1550 \text{ кг/м}^3$; пустотность 44,2 %);
- кварцевый песок (КП) Краснолиманского карьера (модуль крупности $M_k = 1,2$; насыпная плотность $\rho_{нас} = 1400 \text{ кг/м}^3$);
- зола-унос (ЗУ) и молотый шлак (МШ) Углегорской ТЭС (удельная поверхность $S_{уд} = 435 \text{ м}^2/\text{кг}$);
- суперпластификатор (СП) на основе сульфированного нафталин-формальдегидного конденсата С-3;
- добавка-электролит натрий сернокислый (Na_2SO_4).

Результаты экспериментов и обсуждение. Эффективность суперпластификатора в бетонных смесях определяется не только начальным водоредуцирующим фактором, но и сохранностью подвижности бетонной смеси в течение определенного промежутка времени.

Ранее считалось [7], что основным механизмом действия анионоактивных суперпластификаторов, в т. ч. сульфированных нафталин-формальдегидов, является эффект электростатического отталкивания частиц цемента, вызванный увеличением абсолютного значения ξ – потенциала поверхности частиц в результате адсорбции суперпластификатора. При этом с ростом величины адсорбции повышается значение ξ – потенциала и, как следствие, усиливается пластифицирующий эффект добавки. В то же время В. Kim, S. Jiang и др. [1] на основании исследований закономерностей адсорбции полиметиленафталин-сульфонатов различными цементами показали, что с увеличением количества адсорбированного суперпластификатора его пластифицирующее действие снижается, а сохранность подвижности бетонной смеси во времени определяется количеством не адсорбированного («свободного») суперпластификатора в жидкой фазе. При этом эффективными регуляторами величины адсорбции и, соответственно, текучести цементных паст являются неорганические соли-электролиты, в частности сульфат натрия.

Адсорбция суперпластификатора. Адсорбцию суперпластификатора С-3 поверхностью частиц портландцемента и минеральных добавок оценивали по изменению количества суперпластификатора в жидкой фазе до и после взаимодействия с твердой фазой.

На рисунке 1 представлены результаты измерения адсорбции суперпластификатора поверхностью частиц портландцемента и минеральных добавок.

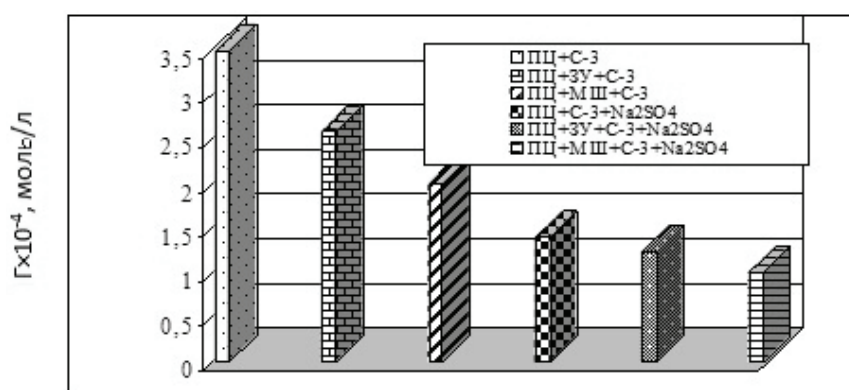


Рисунок 1 – Адсорбция суперпластификатора С-3 поверхностью частиц портландцемента и минеральных добавок.

Установлено, что частичная замена портландцемента минеральной добавкой приводит к снижению величины адсорбции. Это связано с тем, что частицы золы-уноса и шлака имеют отрицательный интегральный поверхностный заряд – идентичный знаку функциональных групп суперпластификатора. Вследствие кулоновского отталкивания между активными центрами поверхности твердой фазы и функциональными группами ПАВ адсорбция суперпластификатора частицами минеральных добавок будет значительно меньше по сравнению с положительно заряженными высокодисперсными продуктами гидратации цемента. Кроме того, молотый шлак в большей мере снижает

величину адсорбции по сравнению с золой-уноса. Это связано с более высоким содержанием в последней добавке несгоревших угольных частиц. Они имеют большую внутреннюю поверхность и поэтому способны адсорбировать значительное количество воды и химических добавок из водного раствора [5].

Значительное снижение величины адсорбции наблюдается в случае, когда в цементную суспензию предварительно введена добавка сульфата натрия. В этом случае, сульфат-ионы SO_4^{2-} конкурентно с молекулами ПАВ сорбируются положительно заряженными гидратными фазами цемента. В результате в жидкой фазе остается большее количество несвязанной добавки С-3, которая обеспечивает дополнительно стерический барьер между дисперсными частицами, стабилизируя систему и обеспечивая повышение текучести цементной пасты [3].

Влияние добавки сульфата натрия на подвижность цементной пасты. Подвижность цементной пасты определяли по распылу конуса на встряхивающем столике.

Изменение подвижности цементной пасты во времени с добавкой золы-уноса и с добавкой молотого шлака, а также химических модификаторов представлено на рисунках 2 и 3 соответственно.

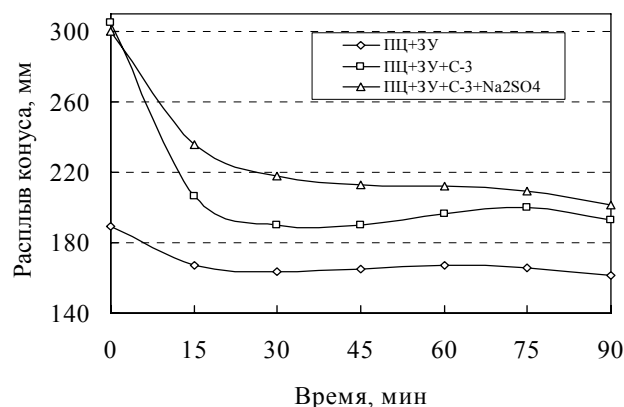


Рисунок 2 – Изменение подвижности цементной пасты с добавкой золы-уноса и химических модификаторов во времени.

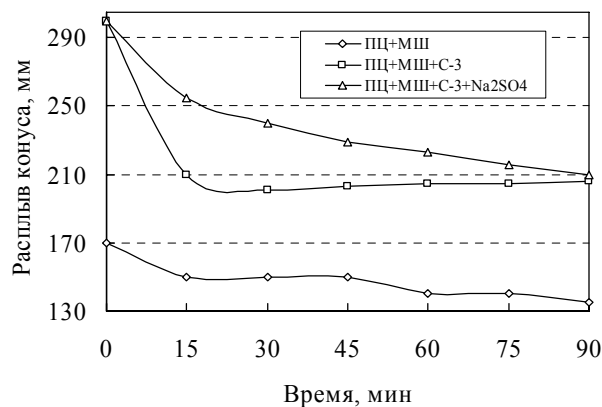


Рисунок 3 – Изменение подвижности цементной пасты с добавкой молотого шлака и химических модификаторов во времени.

Как следует из данных, представленных на рисунке 2, начальная подвижность цементной пасты с добавкой золы-уноса составила 190 мм. Через 15 минут подвижность пасты уменьшилась до 165 мм и в течение последующих 75 минут оставалась практически неизменной. Добавка в цементную пасту суперпластификатора С-3 обеспечивала начальную подвижность 310 мм. В то же время через 15 минут наблюдалось резкое загустевание смеси, подвижность которой через 30 минут от момента приготовления снизилась до 120 мм. Вероятно, это связано с интенсивной адсорбцией суперпластификатора высокодисперсными продуктами гидратации трехкальциевого алюмината.

Как следует из данных, представленных на рисунке 2, начальная подвижность цементной пасты с добавкой золы-уноса составила 190 мм. Через 15 минут подвижность пасты уменьшилась до 165 мм и в течение последующих 75 минут оставалась практически неизменной. Добавка в цементную пасту суперпластификатора С-3 обеспечивала начальную подвижность 310 мм. В то же время через 15 минут наблюдалось резкое загустевание смеси, подвижность которой через 30 минут от момента приготовления снизилась до 120 мм. Вероятно, это связано с интенсивной адсорбцией суперпластификатора высокодисперсными продуктами гидратации трехкальциевого алюмината.

В то же время цементная паста, содержащая в своем составе сульфат натрия, имела менее выраженный характер потери подвижности во времени. Как отмечено выше, это связано с конкурентной адсорбцией молекул электролита и ПАВ, результатом которой является снижение величины адсорбции суперпластификатора, молекулы которого остаются в объеме жидкой фазы и стабилизируют систему [3].

Изменение величины подвижности цементной пасты с добавкой молотого шлака (132–170 см) взамен золы-уноса происходит более плавно, что связано с меньшей адсорбционной способностью шлака по сравнению с золой-уноса (рис. 3).

Истираемость цементного бетона является одной из важных характеристик бетона. Результаты исследования влияния ММФ-1 и ММФ-2 на истираемость бетона приведены в таблице.

Таблица – Влияние ММФ на истираемость бетона

Вид добавки	Масса до испытания, г	Масса после испытания, г	Площадь образцов, см ²	Истираемость, г/см ²
без добавки	838,14	825,16	49,98	0,260
ММФ-1	840,20	829,65	50,02	0,211
ММФ-2	838,38	828,12	50,04	0,205

Экспериментальные данные свидетельствуют, что бетонные образцы с ММФ менее подвержены истираемости, т.е. имеют меньшую потерю массы (23–27%) по сравнению с бетоном контрольного состава. Следовательно, ММФ-1 и ММФ-2 способствуют упрочнению структуры и большей стойкости бетона к истиранию.

ВЫВОДЫ

Разработаны составы эффективных модификаторов многофункционального действия ММФ-1 и ММФ-2 на основе минеральных веществ из отходов промышленности и определены их оптимальные количества для достижения максимальной сохранности подвижности бетонных смесей с течением времени, а также истираемости бетона. Применение в составах цементных бетонов модификаторов многофункционального действия увеличивает подвижность бетонной смеси (132–170 см) в течение определенного промежутка времени (15–75 мин) и при этом не снижает истираемость бетона. Установлено, что адсорбция суперпластификатора минералами портландцемента в присутствии сульфата натрия снижается. Это происходит в результате конкурентной адсорбции сульфат-ионов и макромолекул суперпластификатора на положительно заряженных центрах адсорбции поверхности твердой фазы, что обеспечивает пролонгирование требуемой удобоукладываемости бетонных смесей в течение определенного промежутка времени.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. The adsorption behaviour of PNS superplasticizer and its relation to fluidity of cement paste [Текст] / В. Kim, S. Jiang, C. Jolicoeur, P.-C. Aïtcin // Cement and Concrete Research. – 2000. – Vol. 30. – P. 887–893.
2. Батраков, В. Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика [Текст] / В. Г. Батраков. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: [б. и.], 1998. – 768 с.
3. Грег, С. Адсорбция, удельная поверхность, пористость [Текст] / С. Грег, К. Синг. – М.: Мир, 1984. – 310 с.
4. Изотов, В. С. Химические добавки для модификации бетона [Текст]: монография / В. С. Изотов, Ю. А. Соколов. – М.: Палеотип, 2006. – 244 с. – ISBN 5-94727-300-4.
5. Ларионова, З. М. Фазовый состав, микроструктура и прочность цементного камня и бетона [Текст] / З. М. Ларионова. – М.: Стройиздат, 1977. – 262 с.
6. Мащенко, К. Модификаторы – шаг к повышению качества бетонов и растворов [Текст] / К. Мащенко // Строительные материалы. – 2004. – № 6. – С. 62–63.

7. Бидифференциальный потенциометрический метод определения активности вяжущих веществ [Текст] / А. Ф. Мештаков, Г. Л. Лощкарев, В. Ф. Черных, Э. И. Исаев // Цемент. – 1986. – № 8. – С. 20–21.
8. Мокеров, И. Просто добавь в бетон [Текст] / И. Мокеров // Строительный еженедельник. – Санкт-Петербург, 2006. – № 7. – С. 45–47.
9. Никифоров, А. Добавки для бетона. Состояние и перспективы [Текст] / А. Никифоров // Капстроительство. – 2002. – № 5. – С. 13–14.

Получено 21.12.2012

О. В. ЕГОРОВА, И. Ю. ПЕТРИК, В. М. ГУБАР
ВПЛИВ МОДИФІКАТОРІВ НА ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ
ЦЕМЕНТНОГО БЕТОНУ

Донбаська національна академія будівництва і архітектури

Розроблено склади ефективних модифікаторів багатофункціональної дії ММФ-1 і ММФ-2 на основі мінеральних речовин з відходів промисловості і визначені їх оптимальні кількості для досягнення максимального збереження рухливості бетонних сумішей з плином часу, а також стиранням бетону. Склад ММФ-1: мелений шлак Вуглегірської ТЕС – 20 %, суперпластифікатор С-3 – 0,75 %, регулятор твердіння Na_2SO_4 – 0,5 %. Склад ММФ-2: зола-виносу Вуглегірської ТЕС – 20 %, С-3 – 0,75 %, Na_2SO_4 – 0,5 %. Застосування у складах цементних бетонів модифікаторів багатофункціональної дії збільшує рухливість бетонної суміші протягом певного проміжку часу і при цьому не знижає показники міцності бетону.

цементний бетон, фізико-механічні властивості, багатофункціональний модифікатор, адсорбція суперпластифікатора, рухливість, стиранність

ELENA EGOROVA, IRINA PETRIK, VICTOR GUBAR
IMPACT MODIFIERS ON THE PHYSICAL-MECHANICAL PROPERTIES OF
CEMENT CONCRETE

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Compounds of the multifunctional effective modifiers MMF-1 and MMF-2 on the basis of mineral substances from the waste industry has been developed and determined their optimal amounts for maximum preservation of the mobility of concrete mixes by the function of time, and abrasion of concrete. Composition MMF-1: ground slag Uglegorska TPS – 20 %, plasticizer-3 – 0,75 %, the regulator hardening Na_2SO_4 – 0,5 %. Composition MMF-2: fly ash Ulegorska TPS – 20 %, P-3 – 0,75 %, Na_2SO_4 – 0,5 %. Using in concrete multifunctional modifier increases the mobility of the concrete for a certain period of time and it does not reduce the strength properties of the concrete.

concrete, physical-mechanical properties, multifunctional modifier, super plasticizer adsorption, mobility, abrasion

Егорова Олена Володимирівна – асистент кафедри технологій будівельних конструкцій, виробів і матеріалів Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: бетони, що самоуплотнюються.

Петрик Ірина Юріївна – асистент кафедри технологій будівельних конструкцій, виробів і матеріалів Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: цементні бетони з підвищеною морозостійкістю.

Губар Віктор Миколайович – кандидат технічних наук, доцент кафедри технологій будівельних матеріалів, виробів та автомобільних доріг Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: цементні бетони з заповнювачами з відходів промисловості.

Егорова Елена Владимировна – асистент кафедри технологій строительных конструкций, изделий и материалов Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: самоуплотняющиеся бетоны.

Петрик Ирина Юрьевна – асистент кафедри технологій строительных конструкций, изделий и материалов Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: цементные бетоны с повышенной морозостойкостью.

Губарь Виктор Николаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры технологий строительных конструкций, изделий и материалов Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: цементные бетоны с заполнителями из отходов промышленности.

Elena Egorova – assistant, Technology of Building Structures, Products and Materials Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: self-compacting concretes.

Irina Petrik – assistant, Technology of Building Structures, Products and Materials Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: cement concretes with high frost resistance.

Victor Gubar – PhD (Eng.), Assistant Professor, Technology of Building Structures, Products and Materials Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: portland cement concrete with aggregates of industrial waste products.