

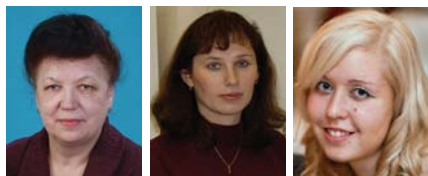
Защитные покрытия нового поколения для транспортных строительных конструкций

В. Я. СОЛОВЬЕВА, докт. техн. наук, профессор,

И. В. СТЕПАНОВА, канд. техн. наук, доцент,

А. В. КАСАТКИНА, аспирантка,

кафедра «Инженерная химия и естествознание» ПГУПС



Для всех объектов транспортно-го строительства — аэродромов, железных дорог, причалов, мостов — требуется относительно дешевый цементосодержащий материал, обладающий

комплексом ценных эксплуатационных свойств: повышенной прочностью, трещиностойкостью, адгезионной прочностью и долговечностью. Свойства массивных бетонных конструкций можно улучшать, используя тонкослойные цементные композиции, при толщине до 20 мм характеризующиеся большой открытой площадью поверхности, с повышенной трещиностойкостью, высокой адгезионной прочностью наносимой поверхности.

непроницаемости, морозостойкости. Кроме того, частицы коллоидного размера способны сдвигать кислотно-основное равновесие в твердеющей системе в сторону образования гидросиликатов, с учетом мицеллярного строения частицы и за счет высокой удельной поверхности способны при нанесении на основание обеспечить ЦК высокую клеящую способность.

В нашей работе использован эффективный цементосодержащий состав на основе цемента, доломитизированного известняка, микрокремнезема, песка фр. 0–0,63 мм и суперпластификатор. Данный состав назван базовым или контрольным. В исследовании были использованы цементы Северо-Западного региона России: ПЦ400Д20 ОАО «Пикалевский цементный завод», ПЦ400Д20 ОАО «Сланцевский цементный завод», ПЦ500Д0 ОАО «Сланцевский цементный завод», напрягающий цемент НЦ-10 по ТУ 5743-072-46854090-98, а также кремнезоль, который был разработан и изготовлен на кафедре инженерной химии и естествознания ПГУПС.

Из полученных результатов следует, что при использовании добавки золя

Совершенствование свойств цементосодержащего защитного покрытия может быть достигнуто с помощью высокоэффективных химических добавок нового поколения в виде твердых дисперсий, лежащих в нанобласти. К таким дисперсиям относятся добавки коллоидных растворов, например коллоидный раствор кремниевой кислоты. Особый интерес при рассмотрении свойств цементосодержащего защитного покрытия вызывает поверхность раздела покрытия и бетонной основы — своего рода контактная зона, играющая важную роль в защитных свойствах и активнос-

ти, которую ей отводит композиционное материаловедение.

Смысл применения дисперсий гидрозолей коллоидного (нано) размера для повышения эффективности свойств цементосодержащей композиции (ЦК) состоит в том, что коллоидные частицы могут блокировать микро- и мезопоры, имеющие такой же диаметр, как и частицы коллоидных дисперсий, — до 100 нм. Это может способствовать повышению плотности структуры ЦК со всеми соответствующими эксплуатационными последствиями: повышением прочности на сжатие и на растяжение при изгибе, трещиностойкости, водо-

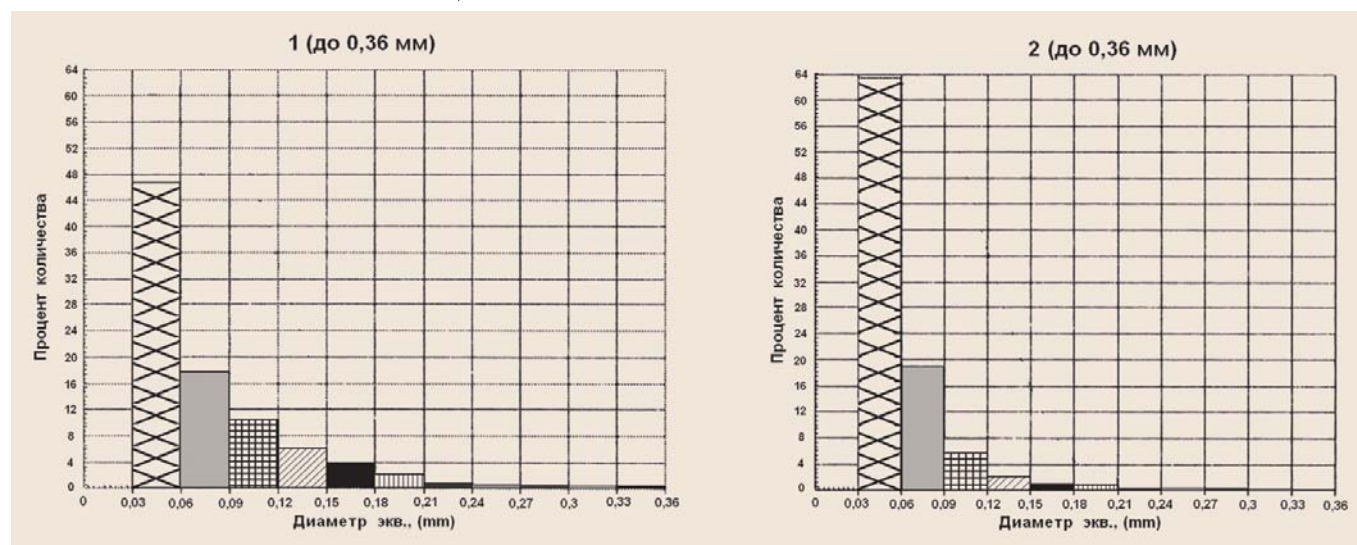


Рис. 1. Распределение пор по их диаметру

ортокремниевой кислоты цементная композиция, исследованная по ГОСТ 5802-86, отличается пониженной пористостью независимо от используемого цемента. Об этом можно судить по уменьшению водопоглощения до значений 2,85–2,5% при 0,3 масс. % кремнезоля от массы цемента, т. е. на 18–23 отн. % по сравнению с базовым составом.

Об уплотнении структуры в присутствии кремнезоля свидетельствуют и данные о пористости структуры, полученные при помощи автоматического анализатора изображений «ВидеоТест». В активированном образце поры в основном небольшие (\varnothing 0,03–0,12 мм); количество более крупных пор (\varnothing 0,09–0,21 мм) уменьшено. Распределение пор по их диаметру представлено на рис. 1.

При использовании физико-химических методов обнаружено, что в присутствии кремнезоля повышается степень гидратации цемента и появляются низкоосновные гидросиликатные фазы. Результаты дифференциально-термического исследования (табл. 1) подтверждают усиление гидратационных процессов в присутствии кремнезоля, поскольку общее количество химически связанной воды увеличивается на 26% по отношению к базовому составу тонкослойных цементных композиций (ТЦК) и образование низкоосновного гидросиликата кальция по наличию экзотермического эффекта при температуре 837 °С.

Таким образом, результаты физико-химических исследований подтвердили, что в присутствии кремнезоля $\text{SiO}_2/\text{H}_2\text{O}$ увеличивается плотность материала и усиливается степень гидратации цемента с образованием повышенного количества гидратных соединений, в том числе и низкоосновных гидросиликатов кальция.

Одна из наиболее важных характеристик ЦК — трещиностойкость, косвенной оценкой которой может быть отношение прочности на растяжение при изгибе к прочности на сжатие. Были проведены исследования по изменению всех видов прочности и трещиностойкости строительных растворов для ЦК в соответствии с ГОСТ 5802-86 при использовании различных цементов Северо-Западного региона. Определено, что процент повышения трещиностойкости ЦК в присутствии кремнезоля более высокий (19–22%) при использовании цементов пониженной трещиностойкости Сланцевского ПЦ500Д0 и ПЦ400Д20 и более низкий (11–16%)

Таблица 1. Результаты дифференциально-термического анализа цементного камня, активированного кремнезолом

Добавка	Эффекты на дериватограмме, °С						Потери при эффектах, %						Σ , % Относит., %
	I	II	III	IV	V	VI	I	II	III	IV	V	VI	
ТЦК базовый	(-)135	(-)182	—	(-)515	(-)795	—	8	2	—	7	6	—	23/100
ТЦК базовый с кремнезолом	(-)129	(-)178	(-)370	(-)510	(-)793	(+)837	11	5	3	3	7	—	29/126

(-) — эндотермический эффект; (+) — экзотермический эффект

Таблица 2. Кинетика изменения прочности на сжатие ТЦК

№ п/п	Цемент, наименование, завод-изготовитель	Кремнезоль, масс. % от массы цемента	В/Ц	Прочность на сжатие, МПа									
				Возраст, сутки									
				3	7	28	56	90	120	150	180	210	
1	ПЦ400Д20 ОАО «Пикалевский цементный завод»	—	0,48	10,5 38,0	18,7 68,0	27,5 100	29,4 107,0	30,4 110,5	31,7 115,2	32,2 117,2	33,4 121,5	33,5 121,9	
		0,3	0,47	14,8 54,0	25,0 91,0	36,3 132,0	36,8 134,0	37,3 135,7	37,7 137,0	38,1 138,7	38,4 139,5	39,3 143,0	
2	ПЦ500Д0 ОАО «Сланцевский цементный завод»	—	0,49	9,3 34,0	17,7 65,0	27,3 100	28,0 102,6	28,6 104,9	29,2 107,1	29,5 108,2	29,8 109,3	29,8 109,3	
		0,3	0,48	12,6 46,0	22,9 84,0	35,8 131,0	36,3 133,0	36,8 135,0	37,4 137,0	37,9 139,0	38,5 141,0	38,8 142,0	

(—) Подвижность растворной смеси ТЦК по глубине погружения конуса 9 см.

Таблица 3. Результаты дифференциально-термического анализа бетонной подложки различных классов

Класс бетона по прочности при сжатии, В	Эффекты на дериватограмме, °С				Потери при эффектах, %				Σ , %
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	
B15	(-) 140	(-) 195	(-) 525	(+) 820	8	3	4	—	15
B22,5	(-) 143	(-) 205	(-) 517	(+) 815	11	5	6	—	22
B25	(-) 142	(-) 203	(-) 520	(+) 823	13	6	7	—	26
B30	(-) 137	(-) 207	(-) 512	(+) 818	15	8	9	—	32

при использовании цементов повышенной трещиностойкости НЦ-10 и Пикалевского ПЦ400Д20.

Кроме того, представляло интерес изучение изменения прочности на сжатие композиционного материала с течением времени (табл. 2). В результате сравнительного анализа полученных данных установлено, что прочность на сжатие ЦК, активированной кремнезолом, повышается на протяжении всего анализируемого периода и в возрасте 210 суток на 22–27% превышает прочность на сжатие базового состава ТЦК.

Далее была исследована морозостойкость и водонепроницаемость ЦК. Морозостойкость ЦК определяли по ГОСТ 5802-86, а водонепроницаемость по ГОСТ 12730.5-84.

Установлено, что при использовании кремнезоля морозостойкость увеличивается на 50% и достигает значения, соответствующего марке F300, водонепроницаемость повышается на 33% и достигает значения, соответствующего марке W16.

Кроме свойств покрытия ЦК, важной характеристикой является его адгезионная прочность, например, к бетонной подложке. В качестве основания рассмотрен бетон разной прочности, который характеризовался примерно одинаковым значением пористости, оцениваемым величиной водопоглощения $6,0 \pm 0,5\%$. При этом для каждого класса бетона определялось количество химически связанной воды по данным дифференциально-

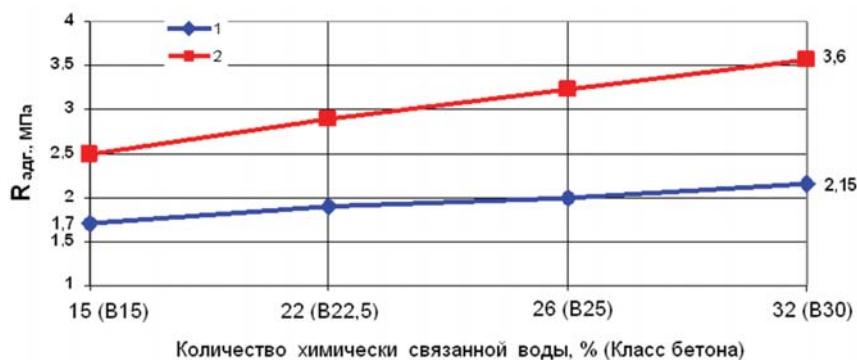


Рис. 2. Взаимосвязь адгезионной прочности и количества химически связанной воды основания (по данным ДТА)

1 — базовый состав ТЦК (количество химически связанной воды 23%, табл. 1);
2 — базовый состав ТЦК, активированный кремнеземом (количество химически связанной воды 29%, табл. 1).

термических исследований (табл. 3), как отражающих степень гидратации и количество образующихся гидратных соединений.

Взаимосвязь адгезионной прочности ТЦК и количества химически связанной воды бетонного основания (по данным ДТА) представлена на рис. 2.

На рассматриваемом рисунке видно, что адгезионная прочность, определяемая на отрыв или контакт (кривые 1 и 2), при одинаковой пористости бетона увеличивается на 47–66% при исполь-

зовании ТЦК, обладающей повышенной гидратационной активностью (рис. 2, кривая 2), и на 20–47% при увеличении класса бетона от В15 до В30, используемого в качестве подложки.

В присутствии добавки кремнезоля ЦК, используемая в качестве защитного покрытия поверхностного действия, отличается повышенной водонепроницаемостью и морозостойкостью, улучшенной трещиностойкостью и адгезионной прочностью к бетонному основанию, а также повышенной

прочностью на сжатие и на растяжение при изгибе.

Таким образом, уровень основных физико-механических характеристик защитных цементных композиций — плотности, водонепроницаемости, трещиностойкости, прочности и морозостойкости — можно повысить введением коллоидных растворов кремнезоля. При введении добавки золя кремниевой кислоты прочность ЦК на сжатие повышается на 32%, прочность на растяжение при изгибе — на 57%, коэффициент трещиностойкости — на 22% и водонепроницаемость соответствует марке W16.

Адгезия покрытия тем выше, чем больше гидратных фаз образуется в покрытии и содержится в бетонной подложке, что согласуется с классом бетона подложки. Адгезионная прочность к бетонной подложке (при прочих равных условиях) в присутствии золь-добавки в защитной цементной композиции увеличивается на 47–66% в зависимости от класса бетона подложки и повышается в следующей последовательности: В15⇒В22,5⇒В30. В присутствии коллоидного раствора кремнезоля основными продуктами гидратации являются низкоосновные гидросиликаты типа CSH (I).

**20 - 22
ОКТАБРЯ
2010
ODESSA**

INTERNATIONAL BLACK SEA TRANSPORT FORUM 2010



Двенадцатая международная выставка «ТРАНСУКРАИНА 2010»

- Транспортные системы, внутренние и международные перевозки.
- Экспедирование и логистика.
- Порты и терминалы.
- Оборудование и средства механизации погрузочно-разгрузочных работ для портов и терминалов.
- Системы управления, связи и энергосбережения.
- Страхование и инвестиционные программы.



Специализированная выставка «СКЛАДСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ 2010»

- Подъемно-транспортные машины, устройства и установки.
- Проектирование и строительство складов.
- Складские конструкции, стеллажи для европаллет и разнопрофильные.
- Проектирование, монтаж и сервисное обслуживание складского оборудования.
- Автоматизированные системы управления складом.
- Системы обработки данных, маркировки, штрих-коды, системы безопасности для грузов.



Специализированная выставка «TRANSRAIL UKRAINE 2010»

- Производство и ремонт подвижного состава, комплектующих.
- Железнодорожная инфраструктура, пути, сигнальное оборудование, стрелки, мосты.
- Проектирование и ремонт железных дорог.
- Архитектура железнодорожных вокзалов, обслуживание пассажиров.
- Профессиональное обучение.



Специализированная выставка «Коммерческий и муниципальный транспорт 2010»

- Коммерческие автомобили: легковые, грузовые, тягачи, специальные.
- Автобусы: городские, туристические.
- Прицепы, фургоны и прицепные устройства.
- Дорожно-строительная техника.
- Автозапчасти, шины, аксессуары для больших авто.

Тринадцатая международная конференция по транспорту и логистике

- Пути развития транспортной инфраструктуры Украины и ближнего зарубежья.
- Инвестиционные проекты в транспортной отрасли.
- Нормативно-правовое регулирование транспортной деятельности.
- Интермодальные перевозки. Транспортная логистика.
- Безопасность, страхование на транспорте.

ОРГАНИЗАТОР:
Рекламно-Информационное
Агентство
«МедиаКомпас Украина»



РМА «МедиаКомпас Украина»
15, ул. Жуковского, Одесса, Украина, 65026
тел.: +38 (0481) 728-72-54, 728-79-30
тел./факс: +38 (0482) 355-999
CONFERENCE@MEDIACOMPASS.COM.UA
ODESSA@MEDIACOMPASS.COM.UA