

Название материала	Краткое описание, характеристики	Возможное применение
	методом напыления в один слой. Не следует увлажнять поверхность в течение 4 часов после нанесения.	погодных условий и ионов хлора
MASTERSEAL 321B	Гидрофобизатор на водной основе. Предназначен для защиты пористых поверхностей. Наносится методом напыления в один слой. Не следует увлажнять поверхность в течение 4 часов после нанесения.	Защита пористых конструкций от воздействия погодных условий и ионов хлора

Применение материалов EMACO и MASTERSEAL позволяет снизить затраты по сравнению с традиционными методами в несколько раз и значительно продлить срок службы инженерных сооружений. Данные материалы и технологии широко используются в таких отраслях, как энергетика, транспорт, химическая промышленность, жилищно-коммунальное хозяйство и др. Их применение согласовано и рекомендуется ведущими отраслевыми институтами и организациями стран СНГ, среди которых НИИЖБ, НИИСК, ГИПРОМЕЗ, НИИЭС, ОРГРЭС, ТЕПЛОПРОЕКТ, ЦНИИС, РОСДОРНИИ, БЕЛДОРНИИ, ВНИИЖТ, АЭРОПРОЕКТ, ГИПРОЕЧТРАНС.

На настоящий момент материалами типа EMACO и MASTERSEAL на территории стран СНГ отремонтированы:

- более 150 автодорожных и железнодорожных мостов, путепроводов, тоннелей;
- аэродромные покрытия аэропортов Домодедово, Шереметьево, Внуково (Москва), Пулково (СПб), Норильска, Минеральных Вод, Минска, Кишинева, причальные сооружения морских портов в Сочи, Владивостоке;
- более 100 промышленных дымовых труб и 12 градирен.

Они применялись для ремонта и восстановления несущей способности конструкций - ребристых плит, колонн, балок, полов, фундаментов - производственных зданий и сооружений и при монтаже оборудования на предприятиях РАО «ЕЭС», «Северсталь», «Новолипецкий металлургический комбинат», «Магнитогорский металлургический комбинат», «Тулачермет», «Запорожсталь», «Братский алюминиевый завод», ОАО «Белкалий», ОАО «Сильвинит» и др.

И в заключении хотелось бы отметить, что НПЧФ «СЕМИКС» всегда открыта для сотрудничества в сфере восстановления, усиления, ремонта и защиты бетонных и железобетонных конструкций и сооружений. Тем более, всё чаще можно услышать не только вопросы о цене, но и качестве, долговечности ремонта – это говорит о том, что мы начинаем жить не только сегодняшним днём, но и планировать на несколько лет вперед. И возможно, что в ближайшем будущем, состоится переход на поддерживающие ремонты, при которых толщина ремонтного слоя составляет 5-10 мм, а не 4-10 сантиметров, с чем часто приходится встречаться в настоящее время.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Руководство по ремонту бетонных и железобетонных конструкций транспортных сооружений с учетом обеспечения совместимости материалов – М., ЦНИИС, 2005.
2. Бетон на рубеже третьего тысячелетия: Материалы 1-й Всерос. конф. по проблемам бетона и железобетона, 9–14 сентября 2001 г., Москва: В 3 кн. – М.: Ассоциация «Железобетон», 2001.
3. Рекомендации по использованию материалов серии «Эмако» для ремонта и реконструкции дымовых и вентиляционных промышленных труб. – ОАО «Инженерный центр ЕЭС» - «Фирма ОРГРЭС», Москва, 2004.
4. Смеси сухие ремонтные EMACO®. Стандарт организации (СТО) 70386662-001-2005 – ООО «Строительные системы», Москва, 2005.
5. Технологическая карта на ремонт бетонных и железобетонных конструкций сухими смесями ЭМАКО (тиксотропный тип). ТК - 130/05/01-2004. – ОАО «Стройкомплекс», Минск, 2004.
6. Технологические правила ремонта каменных, бетонных и железобетонных конструкций железнодорожных мостов – М., Департамент пути и сооружений ОАО «РЖД», 2005.

УДК 666.96; 666.97

К ВОПРОСУ О ДОЛГОВЕЧНОСТИ БЕТОНА ДЛЯ ВОССТАНАВЛИВАЕМЫХ СООРУЖЕНИЙ

Р.Ф. Рунова, д.т.н.

Киевский национальный университет строительства и архитектуры

1. Введение

Аппиева дорога (I в. до н. э.), акведуки и подземные хранилища питьевой воды древнего Константинополя (XII-XIV в.), загадочно-могущественный Сфинкс (XV в. до н. э.). Потомки древних строителей могут видеть эти памятники и сейчас, спустя столетия после их возведения из значительно более простых материалов, чем современный портландцемент. Со ссылкой на работу проф. Малиновски Р. /1/, в своих исследованиях проф. Глуховский В.Д. отмечает, что «обследования римских сооружений, отремонтированных современным бетоном показало: если древний бетон этих конструкций остается невредимым в условиях воздействия проточной воды и соленого морского ветра в течение двух тысячелетий, то современный портландцементный бетон оказывается существенно поврежденным уже через 10 лет» /2/.

В связи с появлением на рынке строительных материалов высокоэффективных продуктов, значительно интенсифицировались работы по восстановлению, прежде всего, жилого фонда /3/. Известно, что срок службы таких зданий, возведенных с использованием искусственных материалов, не предполагает период более 100 лет /3/. Вместе с тем инженерные сооружения

возводятся на существенно более длительный срок эксплуатации, их фактическая долговечность оценивает мастерство строителей, и все же они тоже разрушаются, а из-за своей уникальности требуют восстановления. В таких случаях и возникают проблемы совместимости старых и новых конструктивных материалов. Ранее на примере реставрации особняков начала XX века в Киеве, здания ГОСПРОМ (Харьков) нами продемонстрирована эффективность комплексного подхода при выборе материалов тонкослойного назначения /4/.

Целью данных исследований являлось экспериментальное обоснование эффективности современных высокофункциональных бетонов «High Performance Concrete» (HPC) для применения их при восстановлении таких инженерных сооружений, как мосты, дамбы, бетонные дороги и т.п.

Наблюдения за старыми сооружениями и испытания образцов материалов из них свидетельствуют о том, что понятие HPC по сути было реализовано строителями ранее, чем появилось в конце XX века /5/ при использовании в бетоне синтетических высокомолекулярных соединений, обладающих свойствами поверхностно-активных веществ и позволяющих уменьшать значение В/Ц до 0,25...0,28. Согласно концепции HPC, эти бетоны не обязательно должны быть высокопрочными (хотя могут быть и такими), но обязательно должны отвечать требованиям долговечности, обусловленной функциональностью сооружения. Это реализуется, прежде всего, за счет гармонично развивающихся процессов структурообразования во времени. Такой процесс непосредственно связан с минералогией вяжущей системы.

Вновь обращаясь к сохранившимся древним памятникам строительного искусства, следует заметить, что на эмпирическом уровне в бетоне обеспечивалось:

- минимальное значение В/Ц (В), как было в римских трамбованных бетонах;
- воссоздание природных процессов минералообразования с участием алюмосиликатных, щелочных и щелочноземельных соединений, как предполагается на объектах древнего Египта;
- участие в процессах структурообразования аморфизованных алюмосиликатов с высоким уровнем внутренней энергии в виде изверженных продуктов вулканической деятельности.

Использование этих же принципов в сочетании с новыми возможностями химии высокомолекулярных соединений позволяет прогнозировать получение бетонов для восстановления инженерных сооружений, отвечающих требованиям долговечности.

2. Экспериментальные исследования и их анализ

В качестве бетона, предназначенного для восстановительных работ, рассмотрен бетон класса по прочности В30, получаемый на основе пуццоланового и шлакопортландцемента /6, 7, 8/, отвечающих требованиям ДСТУ Б В.2.7-46 для типов ШПЦ IV-400 и ШПЦ 111/A-400. Именно для этих цементов по их химико-минералогической сущности характерно развитие

структурообразования во времени в направлении формирования субмикроструктурных гидросиликатных фаз, в том числе за счет связывания портландита, и упрочнение камня. Известна их меньшая активность по отношению к внешним агрессивным факторам /9, 10/. Повышенная водопотребность может корректироваться за счет использования суперпластификаторов.

В качестве пуццоланового компонента цемента использовали золу-унос Ладыжинской ГРЭС как отвечающую требованиям ГОСТ 25818. К особенностям использованного в исследованиях шлакопортландцемента относится его зерновой состав (рис. 1), регулировка которого в определенной мере обеспечивается условиями замкнутого цикла помола с применением сепараторов («Кривбасс Цемент», г. Днепродзержинск). С учетом особенностей работ удобоукладываемость бетонов принята такой, которая отвечает требованиям для марки П4.

Критериями пригодности приняты жизнеспособность бетонной смеси (сохранение удобоукладываемости в течение регламентированного времени), ранняя и проектная прочность бетона, кинетика изменения прочности, морозостойкость, коррозионная стойкость, характер поровой структуры.

Достижение поставленной цели предполагало решение таких задач:

- 1) определение оптимального содержания пуццоланы в цементе с учетом возможностей суперпластификаторов разной химической природы по принятым критериям;
- 2) проверка влияния повышенного содержания в шлакопортландцементе частиц до 10 мкм на регламентированные свойства бетона.

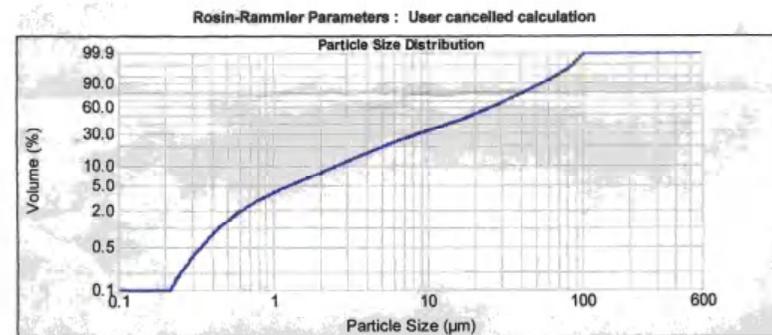


Рис.1. Кривая распределения частиц по размерам для шлакопортландцемента замкнутого цикла помола.

При решении первой задачи содержание пуццоланы изменяли в пределах 21...55 % в соответствии с ДСТУ Б В.2.7-46, в качестве

водоредуцирующих добавок использовали суперпластификаторы из группы сульфированных нафталинформальдегидных поликонденсатов (С-3) и из группы модифицированных акриловых полимеров («Дунапон SR-2»), дозировку которых проводили с учетом рекомендаций производителей добавок. В качестве базового рецепта бетона принят рекомендованный ДСТУ Б В 2.7- 69 как постоянный для проверки эффективности добавки при расходе пуццоланового цемента 350 кг/м³. Исследования оптимизированы с помощью методов математического планирования эксперимента. На основании результатов реализации плана построены изопараметрические диаграммы соответствующих зависимостей свойств от изменяемых факторов.

Анализ рис. 2 указывает на то, что использование суперпластификаторов позволяет снизить водопотребность бетонной смеси в пределах от 25 до 34 %. При этом отмечается избирательность действия добавки в зависимости от ее природы по отношению к содержанию пуццоланы: чем больше золы в цементе, тем больше водоредуцирующий эффект при использовании С-3; для SR-2 фиксируется параболическая зависимость с ярко выраженными оптимумами как в части содержания золы (35 %), так и расхода добавки (1 %).

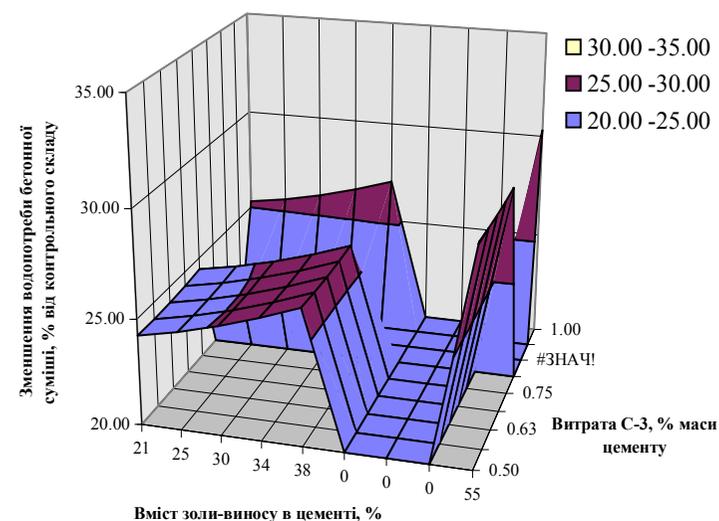
Жизнеспособность бетонной смеси наблюдали в течение 2-х ч по изменению осадки конуса (ОК) (рис. 3). Здесь тоже найдены оптимальные решения, позволяющие сохранять необходимую удобоукладываемость при работе со смесью. Это возможно для области высокого содержания золы в цементе (до 55 %), однако при минимальном расходе С-3, поскольку эта добавка способствует интенсификации «схватывания» смеси. Акрилатная добавка эффективна при оптимальном содержании золы (те же 35%) и оптимальном ее расходе (1 %).

Ранняя прочность бетона (3 суток нормального твердения) зафиксирована в областях до 8,5 МПа при содержании золы в цементе 50...55 % и расходе SR-2 1,5 % (рис. 4, а, в). Однако эта добавка позволяет охватить достаточно большую область содержания золы прочностью от 8,5 МПа до 17,0 МПа в отличие от добавки С-3. То же можно отметить и в части зависимости проектной прочности (28 суток) от рассматриваемых факторов (рис. 4, б, г).

Таким образом, анализ приведенных результатов позволяет отметить принципиально важные положения о возможности управления свойствами бетонной смеси и механическими свойствами бетона на основе пуццоланового цемента, содержащего золу-унос. Долговременные испытания бетона показали, что в зависимости от содержания пуццоланы в цементе, вида и расхода суперпластификатора прирост прочности в течение года может составить от 30 до 110 %. Морозостойкость бетона составляет 150...200 циклов при потерях прочности в пределах от 6,2 до 1,0 %. Таким показателям соответствует характер поровой структуры: объем открытых капиллярных пор составляет 3...3,5 %; показатель среднего размера этого вида пор находится в пределах 0,5 мкм, что свидетельствует об однородности бетона.

Комплекс приведенных экспериментальных результатов свидетельствует о том, что использование пуццоланового цемента, содержащего до 50 % золы-уноса, позволяет получать современный высокофункциональный бетон, отвечающий требованиям долговечности по комплексу свойств и достаточно близкий по своей природе «старому» бетону восстанавливаемых сооружений.

а) с добавкой „С-3”



б) с добавкою “Дунапон SR2”

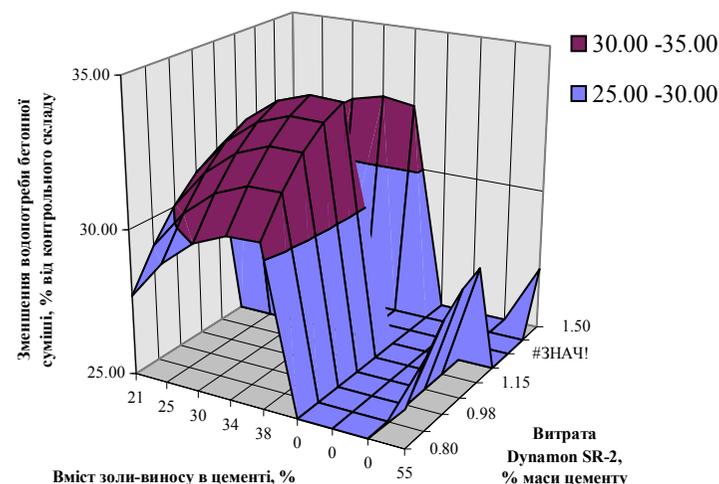
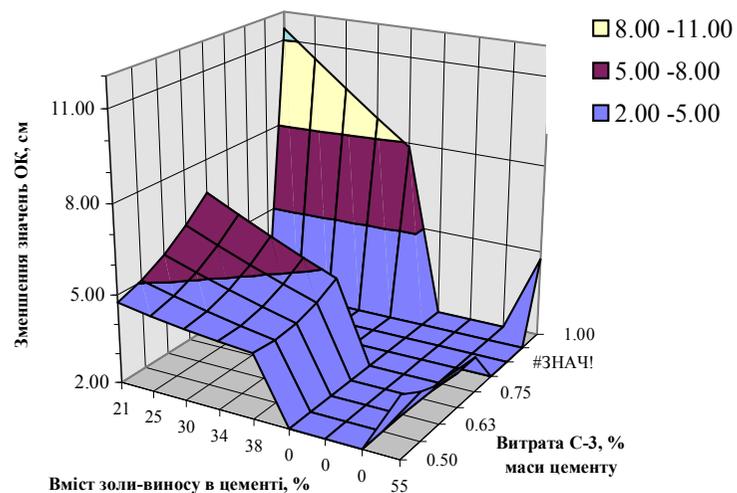


Рис.2. Изопараметрические диаграммы изменения водопотребности бетонной смеси в зависимости от типа и расхода СП при варьировании содержания золы-уноса в составе портландцемента.

а) с добавкой „С-3”



б) с добавкой “Дунапон SR2”

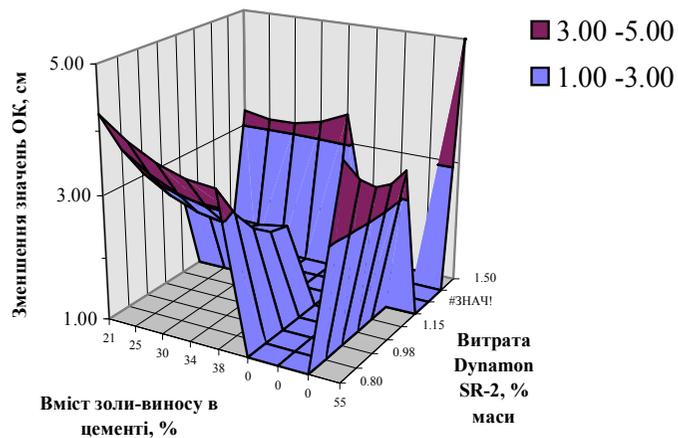
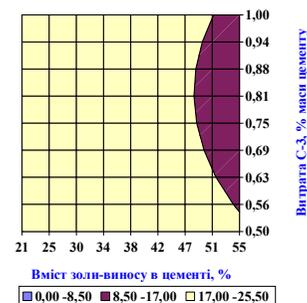


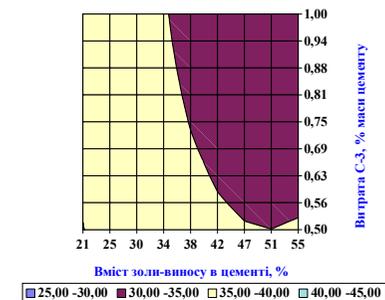
Рис. 3. Изопараметрические диаграммы изменения удобоукладываемости бетонной смеси через 2 час после приготовления в зависимости от типа и расхода СП при варьируемом содержании золы-выноса в составе портландцемента.

з добавкою „С-3”

а) 3 доби

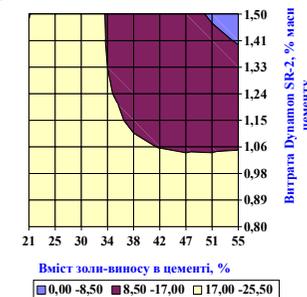


б) 28 діб



з добавкою “Дунапон SR2”

в) 3 доби



г) 28 діб

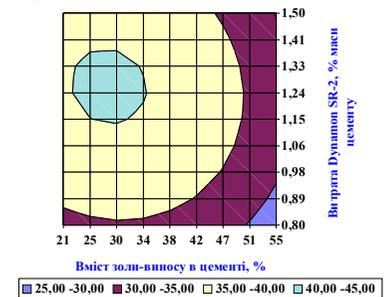


Рис. 4. Проекция поверхностей отклика зависимости прочности бетона на сжатие от типа и расхода СП при варьируемом содержании золы-выноса в составе портландцемента.

При рассмотрении второй задачи проводили испытания шлакопортландцемента улучшенной гранулометрии и дисперсности по ГОСТ 310 (табл. 1). Результаты свидетельствуют о достаточно высокой активности цемента, особенно в сопоставлении с цементом, менее наполненным шлаком. Вполне очевидно, что это связано именно с особенностями помола.

Таблица 1

Влияние добавки шлака на свойства портландцемента

Тип цемента	Добавка шлака, %	Тонина помола		Нормальная густота, %	Сроки схватывания, час: мин.		Прочность при сжатии, МПа		
		Прошло через сито 008, %	Уд. пов. по Блейну, см ² /г		Начало	Конец	Нормальные условия		ТВО
							7 сут	28 сут	
ПЦ Ш/АШ-400	18,4	92,7	2927	24,2	03:10	04:10	31,1	40,5	24,8
	19,6	91,5	2980	24,7	03:55	05:05	31,3	42,7	25,3
ШПЦ Ш/А-400	53,9	99,7	3755	29,7	03:15	05:10	21,15	42,86	25,67
	53	99,6	-	29,5	04:10	05:10	24,0	46,4	28,04
	51,0	99,7	3352	29,2	03:40	04:50	20,48	40,58	26,43
	45,8	99,7	3684	29,7	03:50	05:10	23,62	44,20	28,48

Шлакопортландцемент имеет преимущества в части коррозионной стойкости, что показано на рис.6: даже после 200 циклов испытания по ускоренному методу ДСТУ Б В.2.7-49 потери прочности (0,8%) достаточно далеки от регламентированных 5%.

Сравнительные исследования эффективности использования шлакосодержащих цементов одинаковой марки М400 при получении бетонной смеси и бетона класса по прочности В30, модифицированного добавками суперпластификаторов, показали возможность снижения В/Ц с 0,4-0,37 до 0,38 - 0,34 и получение более плотной смеси с увеличением доли шлака в цементе от 21 до 50 % (табл. 2). Значительно улучшается жизнеспособность бетонной смеси, что технологически важно для использования в восстановительных работах, особенно в летний период.

Анализ данных о прочности бетона позволяет заключить, что содержание шлака в шлакопортландцементе соответственно влияет на его раннюю прочность, замедляя ее, однако достаточно быстро отставание сокращается (рис. 5). Так, в нормальных условиях прочность бетона на основе цемента с 50 % шлака после 3 суток твердения составляет 53 % по сравнению с бетоном на основе цемента, содержащего 20 % шлака, на 7 сутки – 60 %, на 28 – 83 %, а к 90 суткам она достигает 107 %. Подобная закономерность сохраняется и для других условий твердения.

Таблица 2

Влияние вида добавки-суперпластификатора на свойства бетона

Тип цемента	ПЦ-П/АШ-400		ШПЦ-П/А-400	
	Добавка „С-3”, % от массы цем. по сух. веществу	Добавка “SR 2», % по объему от массы цемента	Добавка „С-3”, % от массы цем. по сух. веществу	Добавка “SR 2», % по объему от массы цемента
Добавка „С-3”, % от массы цем. по сух. веществу	0,5	-	0,5	-
Добавка “SR 2», % по объему от массы цемента	-	0,8	-	0,8
Вода общая, л/м ³ (В/Ц)	190 (0,40)	170 (0,38)	175 (0,37)	155 (0,34)
Средняя плотность бетонной смеси, кг/м ³	2400	2455	2457	2460
ОК, см, через	15 мин	20	22	20
	1 час	15	19	20
	2 час	12	16	17

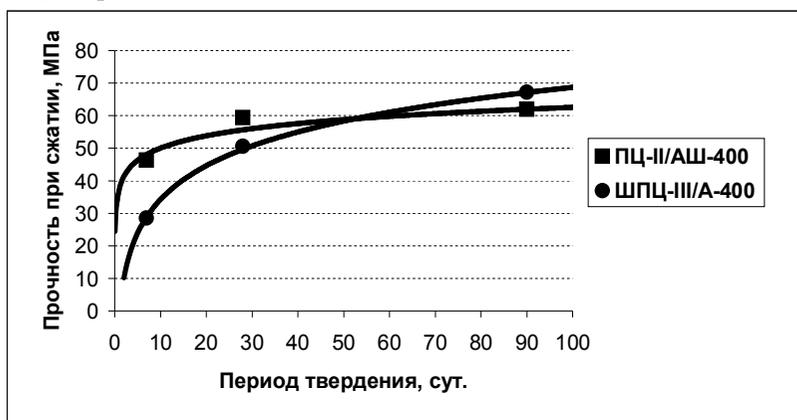
Сопоставление приведенных экспериментальных результатов с теми, которые публиковались в период интенсивного освоения металлургических шлаков и топливных зол цементной промышленностью [11] указывает на то, что возможности этих цементов при их использовании в бетонах для восстановления инженерных сооружений или консервации памятников строительства улучшились. Существенным резервом для улучшения совместимости старого и нового бетонов являются редуцируемые полимеры из группы поливинилацетатов и поливинилверсататов, использованием которых достигается как улучшение основания (старый бетон), так и повышение адгезионных характеристик модифицированных бетонных смесей.

3. Заключение

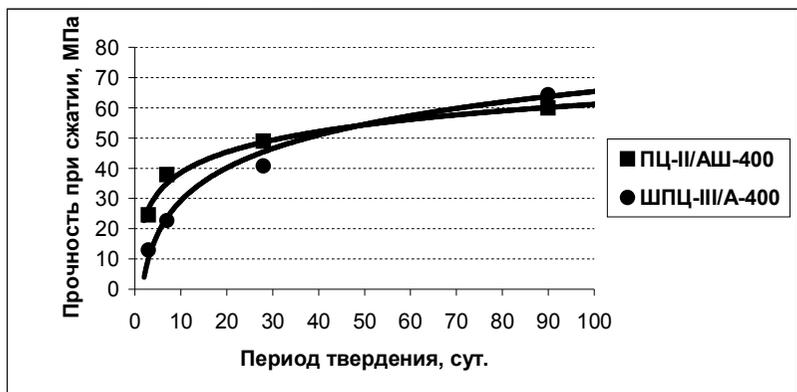
1. Восстановление бетонных и железобетонных инженерных сооружений требует применения высокофункциональных бетонов, свойства которых должны обеспечивать регламентированную долговечность, обусловленную развитием процессов структурообразования в материале.
2. Анализ причин долговечности искусственного камня древних сооружений свидетельствует об определяющей роли пуццоланового компонента в формировании его свойств.

- Для эффективного использования в качестве пуццоланового компонента портландцементов зол-уноса при получении высокофункциональных ремонтных бетонов необходима оптимизация составов по критериям определяющих свойств с учетом эффективности применяемой модифицирующей добавки.
- Современные шлакопортландцементы за счет регулирования зернового состава при помеле обладают улучшенными свойствами, что позволяет рекомендовать их для получения бетонов, отвечающих требованиям функционального использования в ремонтно-восстановительных работах, обеспечивающих долговечность строительного объекта.

а) твердение в воде



б) твердение в нормальных условиях



в) твердение во влажном песке

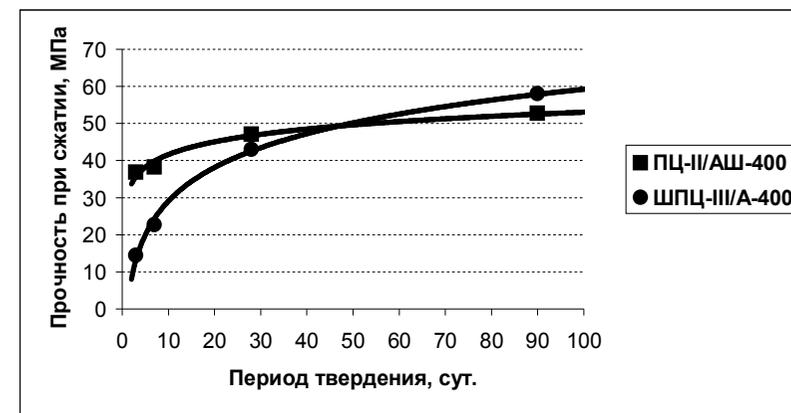


Рис.5. Кинетика изменения прочности бетона в зависимости от типа цемента в разных условиях твердения.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- Malinowski R. Betontechnische Problemlösung bei antiken Wasserbauten //Mitteilungen, Leichtweiss-Institut, Braunschweig.-1979.-V.64.-P.13-14.
- Глуховский В.Д. Бетоны прошлого, настоящего и будущего//Труды 2-го Межд. Конгр. «Долговечность бетона», Трондхейм (Швеция), 1989,-с.53-62.
- Савойський В.В., Болотских О.Н. Ремонт и реконструкция гражданских зданий.- Харьков: Ватерпас, 1999.-288 с.
- Рунова Р.Ф., Носовский Ю.Л. Эффективность применения сухих строительных смесей в ремонтных и восстановительных работах //Сб. ПГАСА, № 14, 2005, с.18-28.
- Aitcin P.-C. The art and Science of High-Performance Concrete //Proceeding of a Symposium Honouring. Bucharest,2003, p.69-89.
- П.С.Шилок, В.И.Гоц, Р.Ф.Рунова, И.И.Руденко. Поліфункціональні добавки на основі поліакрилатів у пуццоланових цементах // "Будівництво України", №7, 2004, с.23-28.
- П.С.Шилок, В.И.Гоц, Р.Ф.Рунова, И.И.Руденко. Використання пластифікованих пуццоланових цементів у товарних бетонних сумішах// "Будівництво України", №8, 2004, с.28-32.
- Кривенко П.В., Рунова Р.Ф., Руденко И.И. Сравнительные исследования свойств шлакосодержащих цементов производства ВАТ «Кривой Рог Цемент»//М-лы семинара "Бетон и железобетон в совр. Стр-ве", Киев, 2006, с.107-122.

9. Ушеров-Маршак А.В., Гергичны З., Малолепши Я. Шлакопортландцемент и бетон. Харьков, «Колорит», 2004, 159 с.
10. Штарк Й., Вихт Б. Долговечность бетона. Киев., «Оранта», 2004, 293 с.
11. Ратинов В.Б., Шестоперов С.В. и др. Защитные свойства бетонов на шлакопортландцементе // «Бетон и железобетон», №7, 1974, с.18-22.

УДК 666.96; 666.97

ВПЛИВ ХІМІЧНИХ ОРГАНІЧНИХ ДОБАВОК НА КІНЕТИКУ ГІДРАТАЦІЇ ОЗДОБЛЮВАЛЬНИХ РОЗЧИНІВ НА ОСНОВІ БІЛОГО ПОРТЛАНДЦЕМЕНТУ

Р.Ф. Рунова, професор Київського національного університету будівництва та архітектури, м.Київ.

В.В. Піна, аспірант, технічний директор „БудМайстер”, м.Павлоград.

Інтерес дослідників до будівельних розчинів завжди був пов'язаний з впровадженням нових технологій в будівництві. З появою залізобетону, як збірного та к і монолітного, функції будівельних розчинів суттєво розширились. Стає популярним заводське виготовлення розчинів з використанням змішувачів гравітаційного типу або примусової дії і подальшим транспортуванням їх на об'єкт в спеціальних міксерях та подачею на верхні рівні за допомогою насосів. Найбільш повна інформація про будівельні розчини цього періоду наводиться в роботі Чехова А.П., Сергєєва А.М., Діброва Г.Д. [1]. Черговий виток наукових досліджень - пов'язаний із застосуванням сухих будівельних сумішей в будівництві. Зараз естетика набуває новий вираз: красиво тільки те, що довго служить та органічно вписується в культурні традиції. Архітектори, інженери, будівельні організації визнають свою відповідальність в сфері екологічної політики. З теперішнього часу розвивається естетично та екологічно освідомлене відношення до оздоблювання фасаду. Тому будівельні розчинні суміші для оздоблювання фасаду на основі білого портландцементу користуються великим попитом у багатьох країнах світу. Одним із розповсюджених в'язучих - є білий портландцемент (ПЦБ), який відіграє як фізико - хімічну роль при утворенні каменю, так і естетичну - при оздоблюванні фасаду будівельним розчином [2].

Суттєві зміни в приготуванні та використанні будівельних розчинів вносить технологія, у відповідності до якої всі складові дозуються та перемішуються в сухому стані на спеціалізованих технологічних лініях, пакуються або завантажуються в транспортні контейнери і доводяться до в'язко-пластичного стану безпосередньо на будівельному об'єкті засобами малої механізації або в міксерях. Про організацію перших таких виробництв на базі цементних заводів США зазначає Шубін В.І. [3].

Дослідженнями Рунової Р.Ф. і Носовського Ю.Л. показано [4], що при видимій простоті виробництва - підготовка сировини, дозування, перемішування, пакування - технологію сухих будівельних сумішей з

впевненістю можна віднести до науково-містких як за рахунок складності фізико-хімічних процесів, що супроводжують структуроутворення матеріалів, так і рівня необхідної автоматизації виробництва.

Сучасний процес виробництва частіше за все здійснюється за вертикальною схемою. Передбачається система силосів для зберігання мінеральних компонентів, кількість яких досить велика і на найсучасніших підприємствах вона досягає до 20 шт.



Рис. 1. Вертикальна лінія з виробництва будівельних сумішей „БудМайстер”, м. Павлоград.

Для забезпечення найважливіших властивостей розчинних сумішей - пластичності та водоутримуючої здатності в умовах інтенсивного відбору води основою - досить широке застосування знайшли органічні добавки. Для підвищення адгезійних характеристик розчинів та міцності на розтяг при згині ефективно починають використовуватися вододисперсійні полімери. Так, в роботі Скупіна Л. [5], Іванова Ф.М., Рояка Г.С. та ін [6], а потім Черкинського Ю.С. [7] показаний позитивний вплив добавок полівінілацетатної емульсії. Серед запропонованих та регламентованих нормативними документами вітчизняних добавок до бетону [8,9] більшість використовується і в розчинах.

В якості досліджуваного в'язучого був вибраний білий портландцемент [™] «Çimsa» (Туреччина), хімічний та мінералогічний склад якого наведений у таблицях 1 і 2.