

Бакатович А.А., Бозылев В.В.

О МЕХАНИЗМЕ ДЕЙСТВИЯ В РАСТВОРАХ ЗАМЕНИТЕЛЯ ИЗВЕСТИ НА ОСНОВЕ ШЛАМА ВОДООЧИСТКИ

В большинстве применяемых кладочных растворов совместно с портландцементом используют известь. Известно, что прочность смешанного цементно-известкового раствора зависит в основном от содержания цемента и его активности. Известь придает растворной смеси пластичность и высокую водоудерживающую способность, благодаря которой кладка имеет возможность набирать марочную прочность.

К недостаткам извести следует отнести ее высокую стоимость, которая превышает в настоящее время стоимость портландцемента. Кроме того, существуют определённые трудности и в изготовлении цементно-известковых растворных смесей. На стадии предварительной подготовки извести необходимо проводить гашение. Известь вводят в растворные смеси в виде водной суспензии - известкового молока с концентрацией 25%. Это связано с тем, что транспортировка известкового теста при концентрации 50% по трубопроводам невозможна. Из-за этого при введении необходимого количества извести в виде известкового молока происходит передозировка воды. Растворные смеси получают чрезмерно подвижными, имеют высокую расслаиваемость. В практике строительства часто идут по пути сокращения расхода извести, что приводит к применению тощих растворных смесей с плохой удобоукладываемостью [1].

Предложено большое количество добавок, позволяющих заменить известь в смешанных кладочных растворах. В 30-х годах профессором Н.А. Поповым разработаны цементно-глиняные растворы, в которых в качестве пластифицирующей добавки использовалась глина. В начале 50-х годов проводились исследования по использованию добавки глины в виде порошка грубого помола. Несколько позже изучалась также

возможность применения бентонитовой глины в растворных смесях. Однако добавки на основе глины вызывают снижение прочности растворов, требуют сложной технологической подготовки [2].

Известно применение золы-уноса тепловых электростанций, а также золы твердых бытовых отходов в растворные смеси. Имеются разработки по применению в кладочных растворах илового, известкового, гидроксидного и глинисто-карбонатного шламов. Однако использование заменителей извести часто требует предварительной нейтрализации, сушки, помола и других операций по их подготовке. Это ведет к увеличению стоимости добавок и делает экономически невыгодным их применение.

В Полоцком государственном университете разработана комплексная пластифицирующая добавка заменитель извести (добавка ЗИ) для кладочных растворов. Исходным компонентом добавки ЗИ является шлам водоочистки, который представляет собой продукт, получаемый в результате устранения карбонатной (временной) жёсткости воды на тепловых электроцентралях и котельных. Карбонатная жёсткость обусловлена присутствием $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ и $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$. Жёсткая вода непригодна для проведения технологических процессов в ряде отраслей промышленности из-за образования накипи.

В регионах с жёсткой водой для её «умягчения» пользуются химическим методом [3]. Для этого в воду вводят концентрированный известковый раствор, который переводит в нерастворимое состояние соли жёсткости:

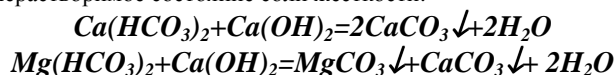


Таблица 1 – Химический состав шламов водоочистки.

Химический состав шламов в пересчете на соединения, %						
SiO ₂	Fe(OH) ₃	CaSO ₄ ·2H ₂ O	CaCO ₃	CaSiO ₃	3MgCO·MgOH·2H ₂ O	органические вещества
0-4,9	5,8-7,1	3-9,5	62,8-68,2	3,9-6,6	5,8-10,6	5,2-8,9

Таблица 2 – Составы и основные свойства растворов с добавками

№ состава	Расход компонентов составов, кг/м ³					В/Ц	Подвижность, см	Прочность 28сут, МПа	Расслаиваемость, %	Водоудер. способность, %
	цемент	известь	шлам	СПС	песок					
1	160	81,2	-	-	1550	2,03	8,0	7,51	9,0	96,6
2	160	-	-	1,92	1550	2,03	8,5	7,55	17,1	95,2
3	160	-	24,4	-	1550	2,03	8,3	7,62	15,3	95,3
4	160	-	32,5	-	1550	2,03	7,0	7,52	12,1	96,0
5	160	-	24,4	1,92	1550	1,83	8,0	7,69	8,7	96,9
6	160	-	32,5	1,92	1550	1,87	8,0	7,6	8,0	97,2

Бозылев Василий Васильевич. К.т.н., доцент, зав. каф. строительного производства Полоцкого государственного университета.

Бакатович Александр Александрович. Магистр технических наук, аспирант каф. строительного производства Полоцкого государственного университета.

Беларусь, ПГУ, 211440, г. Новополоцк, ул. Блохина, 29. E-mail: A.Bakatov@psu.unibel.by

Таблица 3 – Изменение пластичности добавки ЗИ.

Содержание пластификатора СПС в шламе, %	Диаметр расплава шлама в зависимости от времени выдержки, мин							
	10	60	90	120	180	240	300	360
-	7	7	7	7	7	7	7	7
2	8	8,7	9,3	9,9	10,3	10,7	11	11
4	9,0	9,8	10,6	11,9	12,6	13	13	-
6	10,5	11,7	12,5	13,7	14	14	-	-
8	13,0	14,3	14,9	15,2	15,2	-	-	-
10	15,5	16,0	16,5	16,5	-	-	-	-
12	15,5	16,0	16,5	16,5	-	-	-	-

Таблица 4 – Результаты седиментационного анализа.

Расход СПС, % от массы шлама	Минимальный эквивалентный радиус частиц r , мкм	Фракция, имеющая наибольшее количество частиц	
		радиус частиц, мкм	содержание фракции, %
0	3,74	7-8	20
2	2,64	6-7	23
4	2,64	3-4	16
6	2,37	3-4	18,5
8	2,1	2,1-3,1	33
10	1,87	1,87-2,87	41,5
12	1,87	1,87-2,87	41,5

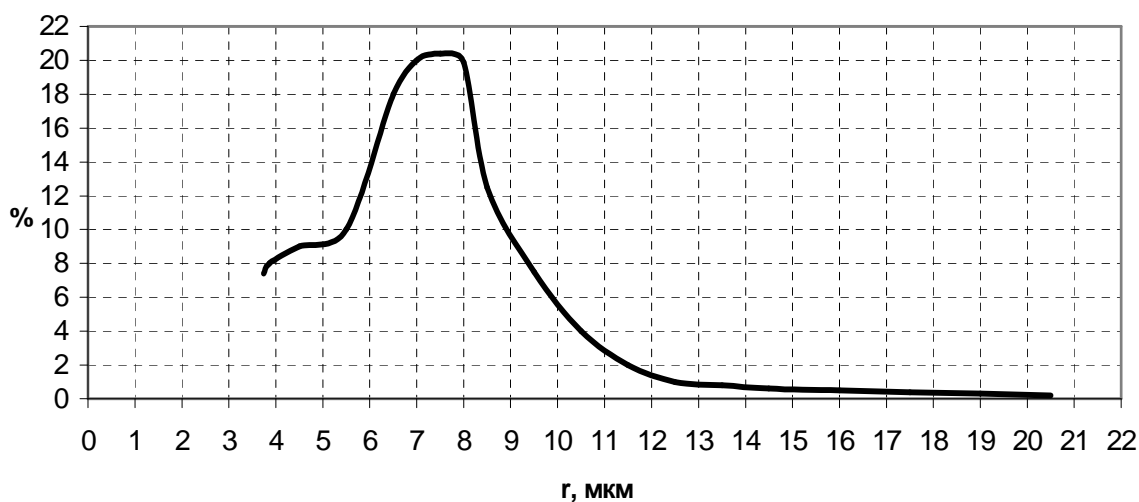


Рисунок 1 – Дифференциальная кривая распределения частиц шлама по радиусам.

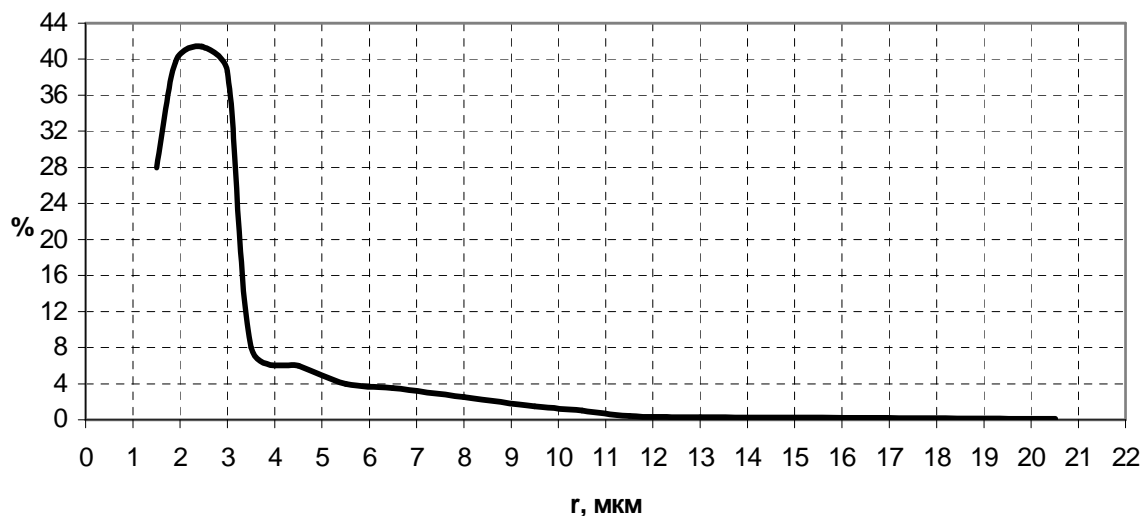


Рисунок 2 – Дифференциальная кривая распределения частиц добавки в ЗИ по радиусам (шлам + 10% СПС).

Затем вода обрабатывается сернокислым железом (FeSO_4), которое, являясь коагулянтом, осаждает все взвеси и примеси в виде коллоидной массы. После водоотделения на осветлителях образуются шламы.

Проблема утилизации шлама не решена до настоящего времени. На ряде электроцентралей шлам подают в шламонакопители. Такой способ утилизации ведет к постепенному отторжению земель под новые шламонакопители и ухудшению экологической обстановки в регионах. На ряде ТЭЦ шлам поступает на вакуум-фильтры, где обезжележивается и вывозится автосамосвалами на городские свалки.

По данным концерна «Белэнерго» ежегодно на территории Республики Беларусь образуется 21,22 тыс. т шламов водоочистки. Результаты исследований химического состава шлама по областям были обобщены и предельные отклонения от средних значений по соединениям представлены в таблице 1.

Из таблицы 1 следует, что основным компонентом шлама является карбонат кальция. Колебания состава шламов водоочистки по содержанию соединений в узком диапазоне 2 - 6% позволяют сделать вывод о достаточной стабильности соотношений компонентов.

В состав разработанного заменителя извести входит пластификатор СПС, созданный на основе сырьевой базы ПО «Полимир» (ТУ РБ 05891370.145). Пластификатор СПС представляет собой смесь натриевых солей ароматических сульфокислот различной молекулярной массы с сульфатом натрия и предназначен для применения в растворных и бетонных смесях.

Свойства растворных смесей и растворов определяли по ГОСТ 5802. Предварительно проведены исследования по влиянию каждого компонента добавки ЗИ на свойства растворных смесей и растворов. Результаты исследований (табл. 2) свидетельствуют о том, что при введении пластификатора СПС (1,2 % от массы цемента) в раствор (состав 2) не обеспечиваются нормативные требования по раскраиваемости и водоудерживающей способности.

Раствор (состав 3), содержащий шлам водоочистки в количестве 30 % от расчетной массы извести состава 1 так же не соответствует нормативным значениям по этим же показателям. При введении шлама в количестве 40 % (состав 4) подвижность растворной смеси ниже контрольной (состав 1). В растворные смеси (составы 5, 6) вводили предварительно перемешанную смесь шлама и пластификатора СПС (добавку ЗИ). Полученные результаты свидетельствуют о соответствии составов 5, 6 нормативным требованиям.

Следовательно, эффект от использования добавки из шлама и пластификатора СПС не является простым суммированием эффектов от использования каждой добавки в отдельности. Добавка ЗИ позволяет получить новые качественные показатели по раскраиваемости, водоудерживающей способности с одновременной возможностью снижения водоцементного отношения.

С целью установления механизма воздействия пластификатора СПС на шлам водоочистки и определения соотношений компонентов добавки ЗИ исследовали изменение пластичности добавки ЗИ путем замеров диаметра расплыва на мини-конусе НИИЖБ [4]. В исследованиях использовали шлам водоочистки с концентрацией 35 %. Пластификатор СПС вводили в количестве от 2 до 12 % от массы шлама. Результаты испытаний представлены в таблице 3.

Из данных таблицы 3 следует, что каждой дозировке пластификатора СПС соответствует свой максимальный диаметр расплыва от 11 до 16,5 см и время его достижения от 90 до 300 мин. Необходимо отметить, что после достижения максимального диаметра не происходит каких-либо изменений в сторону увеличения или уменьшения диаметра расплыва добавки ЗИ. По сравнению с чистым шламом состав, содержа-

щий пластификатор СПС, начиная с 10 % имеет в 2,3 раза более высокую пластичность и, следовательно, введение данного количества добавки СПС следует считать оптимальным. Увеличение диаметра расплыва можно объяснить тем, что добавка СПС играет роль диспергатора и пластификатора по отношению к шламу водоочистки. С целью подтверждения гипотезы о диспергирующем действии пластификатора СПС на шлам водоочистки и определения размеров частиц шлама в зависимости от количества вводимого пластификатора СПС был проведен седиментационный анализ. Полученные данные позволили установить минимальные эквивалентные радиусы частиц шлама, а также фракции, имеющие наибольшее количество частиц (таблица 4). Дифференциальные кривые распределения частиц по радиусам в чистом шламе и добавке ЗИ (шлам + 10% СПС) представлены на рисунках 1, 2.

Данные таблицы 4 подтверждают вывод о том, что оптимальной является дозировка пластификатора СПС, равная 10 % от массы шлама, т. к. дальнейшее увеличение добавки СПС не ведет к уменьшению размера частиц. При этом минимальный эквивалентный радиус частиц уменьшается в 2 раза по сравнению с бездобавочным шламом и происходит смещение фракции, имеющей наибольшее количество частиц с размера 14-16 мкм на 3,74-5,74 мкм.

Для подтверждения полученных результатов проведен микроскопический анализ. Оценку размеров частиц шлама и добавки ЗИ проводили на микроскопе «Axiovert-10» в поляризованном отраженном свете при увеличении 500 крат. На рис. 3 представлен шлам при увеличении 500 крат, свидетельствующий о преобладающем наличии частиц размером 12-18 мкм. Добавка ЗИ (шлам + 10% СПС) при увеличении 500 крат представлена на рис. 4. Преобладающими являются частицы размером 3-7 мкм.

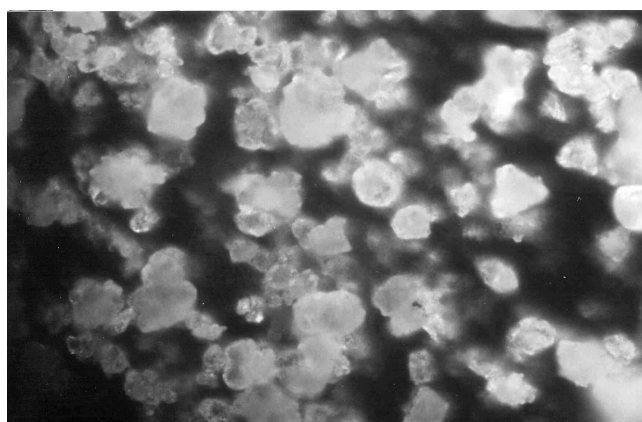


Рисунок 3 – Шлам водоочистки при увеличении 500 крат.

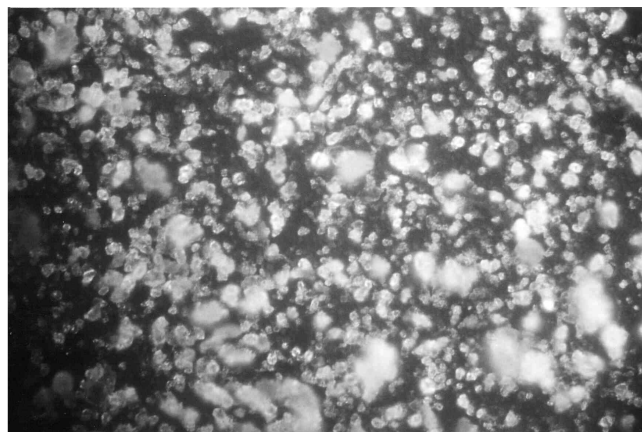


Рисунок 4 – Добавка ЗИ при увеличении 500 крат.

Таким образом, микроскопический анализ подтверждает данные седиментационного анализа о наличии диспергирующего эффекта. Диспергирование крупных частиц на мелкие ведет к резкому возрастанию удельной поверхности частиц и, как результат, к увеличению водоудерживающей способности шлама [5]. Этим можно объяснить эффекты повышения в растворах водоудерживающей способности и снижение распадаемости. В последнем случае сказывается также уменьшение водоцементного отношения, имеющее место при использовании добавкиЗИ.

При выборе соотношения компонентов следует также учитывать марку раствора. Так, с целью снижения стоимости заменителя извести для «тощих» растворов рекомендуется снижать расход добавки СПС и повышать содержание шлама. Расчеты показывают, что, при замене в строительных растворах извести на комплексную добавкуЗИ, расход последней уменьшается от 2 до 5 раз. Стоимость новой добавкиЗИ в пересчете на 1 м³ раствора в 2,5 - 3 раза меньше стоимости извести.

УДК 624.012

Леонович С.Н.

КОРРОЗИЯ АРМАТУРЫ: ОБЩИЕ ПОДХОДЫ К РАСЧЕТУ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

1. ВВЕДЕНИЕ

Традиционно проектирование долговечности железобетонных конструкций основывается на безусловных правилах для материалов, композиций материалов, производственных условий, конструктивных размеров и т. п. Примерами таких правил являются требования минимального защитного слоя бетона, максимального водоцементного отношения, минимального расхода цемента, ограничение ширины раскрытия трещин, количество вовлеченного воздуха, тип цемента, покрытие бетона. Эти правила иногда относятся к типу экспозиции конструкции в окружающей среде, такому как климат внутри помещения, влажные условия, наличие мороза и солей-антиобледенителей, морская вода и т. д. Цель всех этих правил – обеспечить несущую способность конструкций, хотя при этом срок службы не представляется в чистом виде как дефиниция.

Современные зарубежные нормы будут в наибольшей степени базироваться на качестве зданий. Должно быть гарантировано, что это качество будет существовать в течение всего срока службы этого здания. Используя вышеупомянутые правила невозможно дать точного соотношения между качеством и сроком службы. Для бетона, а также других строительных материалов, еще не существует таких соотношений в качестве проектных методик, они развиваются.

В 90-е годы у владельцев и арендаторов зданий возрос интерес к требованиям по сроку службы конструкций. Это явилось логическим следствием большей осведомленности о качестве и ценах зданий. Понимание долговечности как неотъемлемой части качества зданий стало само собой разумеющимся. Также усиленно придавалось значение тому факту, что общая стоимость включает в себя не только прямую стоимость строительства, но также расходы на содержание и ремонт. Как результат, аспекты долговечности и срока службы были выделены в контрактах. Потребовались новые методы более точного проектирования долговечности конструкций. С другой стороны, обширные исследования долговечности бетона в 70-90^{ых} годах дали надежную информацию о

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Чистяков Б.З., Лялинов А.Н. Использование минеральных отходов промышленности в производстве строительных материалов. – Л.: Стройиздат, Ленингр. отделение, 1984. - 152с.
2. Вебер М.А. Производство строительных растворов в Главленинградстрое. - Ленинград: Бюллетень технической информации Главленинградстроя, 1958. - 24 с.
3. Громогласов А.А., Копылов А.С., Пильщиков А.П. Водоподготовка: процессы и аппараты. – М.: Энергоиздат, 1990. - 272 с.
4. Рекомендации по физико-химическому контролю состава и качества суперпластификатора С-3, М., НИИЖБ Госстроя СССР, 1984. - 5с.
5. Дворкин Л.И., Кизима В.П. Эффективные литые бетоны. - Львов: Вища шк., 1986. - 143 с.

разрушительных процессах. Основываясь на этом знании, уже сейчас возможно включить долговечность при проектировании железобетонных конструкций.

Проектировщик строительных конструкций должен быть в состоянии обеспечить исполнение требования срока службы. Для него простая модель долговечности, показывающая изменение качества во времени как функция соответствующих проектных параметров, является ценным средством. С помощью моделей долговечности проектировщик может принять решение по требуемым размерам конструкций и используемым для них материалам с учетом требований срока службы. Даже приблизительные модели дадут рациональную основу для проектирования долговечности.

Много факторов внешней среды воздействуют на механизмы деградации материалов, но их точное влияние трудно прогнозировать, т.к. они значительно локально изменяются. Кроме того, свойства самих строительных материалов могут существенно различаться. Ввиду этих и других факторов, являющихся причиной значительного разброса, качество и срок службы конструкции предпочтительно трактовать стохастически. Это означает, что должны приниматься в расчет не только средние значения, но и их распределения. Стохастический подход в проектировании принимает в расчет реальную природу качества конструкций, делая возможным надежный расчет конструкций.

К сожалению, инженерное сообщество нашей Республики в решении этой проблемы стоит далеко в стороне от столбовой дороги развития науки. Первым реальным шагом была научно-исследовательская работа «Разработать концепцию формирования нормативных документов, регламентирующих вопросы долговечности в строительстве», выполненная в 2000 г. по заказу Министерства архитектуры и строительства [1]. Однако после этого, ни МАНС, ни его специализированное предприятие «Стройтехнорм» не проявили интереса к реализации этой концепции.

Представляется, что назрела необходимость в рамках Государственной программы фундаментальных исследований