

Заключение. Натурные испытания продемонстрировали прямую зависимость эксплуатационных показателей разметочных красок от физико-химических характеристик плёнообразователей – акриловых сополимеров. При повышении температуры стеклования полимера на 5°C (с 58 до 63°C), снижении кислотного числа раствора полимера с 9,1 до 6,4 мг КОН/г и увеличении твёрдости свободных плёнок полимера с 5 до 14 абс. ед. износ ЛКП снизился в 2 раза (от 30 до 15%) при нанесении красок без посыпки стеклошариками и почти в 3 раза (от 20 до 7%) при нанесении красок с посыпкой стеклошариками, имеющими адгезионно-флотационную обработку. Отличительной особенностью ЛКП на основе полимера с более высокой температурой стеклования и меньшим количеством концевых групп полимерной цепи является низкое водопоглощение в сочетании с высокими физико-механическими показателями. Следовательно, натурные испытания являются заключительной стадией разработки рецептуры красок для горизонтальной разметки автомобильных дорог и отражают реальный срок службы ЛКП.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Зотова, Н.С. Применение акриловых смол при производстве лакокрасочных материалов / Н.С. Зотова // Лакокрасочная промышленность. – 2008. - №9. – С.20-21.
2. Костова, Н.З. Правила выбора материалов для горизонтальной разметки автодорог в зависимости от условий эксплуатации / Промышленная окраска. – 2005. - №2. – С.9-11.
3. Ростиашвили, В.К. Стеклование полимеров / В.Г. Ростиашвили, В.И. Иржак, Б.А. Розенберг. – Л.: Химия, 1987. – 192 с.
4. Крыжановский, В.К. Технические свойства полимерных материалов / В.К. Крыжановский. – СПб.: Профессия, 2003. – 203 с.
5. Карякина, М.И. Испытание лакокрасочных материалов и покрытий / М.И. Карякина. – М.: Химия, 1988. - 272 с.
6. Охрименко, И.С. Химия и технология плёнообразующих веществ / И.С. Охрименко, В.В. Верхованцев. – Л.: Химия, 1978. – 392 с.

Материал поступил в редакцию 27.01.12

TUR E.A., BASOV. S.V. The dependence of physic-chemical characteristics of acrylic copolymers on exploitation properties of environment-friendly road-marking paints

Different copolymers of n-butylmethacrylates and methylmethacrylates as a filmformer for road-marking paints were investigated. Glass-transition temperature was determined by differential scanning calorimetry. It was found that the temperature was depended on heating velocity. Viscosity of polymer solutions in toluene also was determined. Investigated copolymers were used as filmformers for road marking paint. Properties of the paints are discussed in the article.

УДК 691.544: 666.941.2

Ступень Н.С.

УСТОЙЧИВОСТЬ ФОСФАТНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ В СУЛЬФАТНОЙ СРЕДЕ

Введение. В настоящее время к строительным материалам предъявляются очень высокие требования. Современный строительный материал должен быть универсальным, обладать одновременно высокими конструктивными способностями и теплоизолирующими свойствами. Должен быть негорюч, долговечен, влагостоек и экологически чист. Но самое главное, строительный материал должен быть коррозионно устойчив к действию окружающей среды.

Бурное развитие промышленности, в особенности химической, в последние десятилетия вызвало существенное изменение состава внешней среды в индустриальных районах, атмосфера в которых характеризуется повышенным содержанием кислых газов, агрессивных по отношению к бетону и арматуре железобетонных конструкций. На основе развернувшейся планомерной работы по охране окружающей среды можно полагать, что дальнейшее загрязнение атмосферы будет приостановлено и концентрация реагентов, одинаково опасных для человека и различного рода строительных сооружений, будет снижена.

При строительстве предприятий, в технологическом процессе которых предусмотрено участие химически активных (агрессивных) веществ, необходимо учитывать возможность их попадания в грунты и проектировать в связи с этим защиту подземных конструкций.

Необходимая стойкость конструкций может быть достигнута только в том случае, если будет осуществлён комплекс мероприятий, предусматривающих придание её материалу и самой конструкции свойств, определяющих сохранение расчётных параметров (прочности, водонепроницаемости и др.) в течение всего срока службы сооружения.

Вопрос о долговечности бетонных и железобетонных конструкций в зданиях и сооружениях является одним из важнейших в экономике каждой страны. Детальное изучение долговечности и прочности бетона и железобетона и сооружений из них актуально в связи с возведением сооружений химической и других отраслей промышленности,

в которых используются и перерабатываются вещества, агрессивные по отношению к бетону, расширением строительства, а также в связи с возведением из железобетона сооружений, к которым предъявляются требования особо высокой долговечности.

Основной структурный компонент цементного камня – гидросиликаты кальция выделяются из раствора в виде волокнистых субмикроскопических частиц. Вначале в свободном пространстве между длинными волокнами гидросиликаты кальция образуются в виде длинных волокон. Затем по мере уплотнения структуры длина волокон уменьшается. Непрерывно растёт число контактов срастания кристаллов новообразований. С увеличением объёма твёрдой фазы при гидратации уменьшается общий объём и размеры пор. В результате этих процессов прочность цемента непрерывно нарастает [1].

Свойства агрессивных сред и условия их действия на строительные конструкции весьма разнообразны. Анализ большого экспериментального материала и результатов исследований сооружений, подвергавшихся действию различных агрессивных сред, позволил В.М. Москвину выделить три основных вида коррозии бетона [2]. В естественных условиях редко встречается коррозия только одного вида [3].

Исследования процессов коррозии цементного клинкера и стальной арматуры в железобетонных конструкциях привели к получению множества композиционных цементных вяжущих с различными активными добавками, улучшающими свойства цементов и бетонов, повышающих их долговечность. К природным активным минеральным добавкам относят некоторые осадочные горные породы (диатомит, трепел, опоку, глиежи – естественно обожженные глинистые породы), а также породы вулканического происхождения (вулканический пепел, туф, пемзу, трасс). В качестве искусственных активных минеральных добавок используют побочные продукты и отходы промышленности: быстроохлажденные (гранулированные) доменные и электротермофосфористые шлаки, топливные золы и шлаки, нефелиновый шлак (побочный продукт производства глино-

Ступень Н.С., к.т.н., доцент, зав. кафедрой химии Брестского государственного университета им. А.С. Пушкина. Беларусь, БрГУ им. А.С. Пушкина, 224016, г. Брест, бульвар Космонавтов, 21.

зема, состоящий на 80% из двухкальциевого силиката), обожженные при температуре до 800°C глины (глиниты, цемянка) и др. В составе минеральных добавок в значительном количестве содержится химически активные составляющие: аморфный водный диоксид кремния (диатомиты, трепелы и другие осадочные породы); аморфный диоксид кремния и алюмосиликаты (вулканические и искусственные добавки); метакаолинит и активный глинозем (в добавках, содержащих обожженное глинистое вещество — глинтиты, глиежи, зола-унос и топливные шлаки). Если такие добавки тонко измельчить, то в присутствии влаги, даже при обычной температуре, они способны взаимодействовать с гидроксидом кальция, находящимся в известии или выделившимся при твердении портландцемента, образуя практически нерастворимые продукты реакции. Но не всегда применение активных добавок в цемент решает вопросы коррозии, особенно коррозии стальной арматуры.

Цель исследования: изучить влияния добавки фосфата натрия на течение процессов коррозии цементного клинкера и стальной арматуры в сульфатной агрессивной среде.

Материалы и методы. Для исследования процессов выщелачивания $\text{Ca}(\text{OH})_2$ использовали цемент марки 500, следующего химического состава:

SiO_2 – 21,44; Al_2O_3 – 4,87; Fe_2O_3 – 4,89; CaO – 64,00; MgO – 1,67; SO_3 – 2,95.

Минералогический состав цементного клинкера следующий (в %): C_3S – 63 – алит – $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ – трёхкальциевый силикат; C_2S – 17 – белит – $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ – двухкальциевый силикат; C_3A – 3 – целит – $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ – трёхкальциевый алюминат; C_4AF – 17 – целит – $4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$ – четырёхкальциевый алюмоферрит.

Исследования проводили на образцах цементного камня (в/ц=0,4) – кубиках $2\times 2\times 2$ см. Размеры образцов приняты из соображений возможности в короткие сроки получить исследуемые зависимости. После распалубки (через сутки) образцы твердели 28 суток в дистиллированной воде.

Для приготовления растворов агрессивной среды использовали сульфат натрия, марки ЧДА. Концентрации растворов сульфата (в пересчёте на ион SO_4^{2-}) – 1,5 г/л, 3 г/л, 12 г/л, 16 и 20 г/л приняты из соображений ускоренного получения исследуемых зависимостей. В качестве фосфатной добавки использовали фосфат натрия марки ЧДА концентрацией 3 и 6 г/л.

Количественное определение водорастворимых ионов кальция проводили методом комплексонометрического титрования с трилоном Б, в присутствии индикатора мурексиды. В агрессивной среде образцы находились в течение 28 суток. Фазовый состав затвердевших образцов определяли рентгенофазовым анализом, минералогический состав петрографическими исследованиями шлифов.

Результаты исследований. Теоретическими и экспериментальными исследованиями сложных систем, определением условий образования и стабилизации существования различных форм гидросульфатоалюмината кальция при взаимодействии сульфатов с минералами цементного камня установлено, что вначале во всех случаях образуются кристаллы высокосульфатной формы гидросульфатоалюмината кальция, которые затем при определённых условиях (низкой концентрации гипса и $\text{Ca}(\text{OH})_2$) могут перейти в низкосульфатную форму [1]. Последующий переход высокосульфатной формы гидросульфатоалюмината кальция в низкосульфатную не оказывает значительного влияния на свойства и структуру цементного камня, в которых уже произошли изменения при кристаллизации высокосульфатной формы гидросульфатоалюмината кальция. Но немалое значение при этом имеет механизм образования соединения, который определяется концентрацией компонентов, входящих в состав гидросульфатоалюмината кальция [2]. Установлено, что гидросульфатоалюминат кальция образуется в неопасной форме, если концентрация всех компонентов, образующих это соединение (CaO , Al_2O_3 , SO_3), достаточно высока. Тогда гидросульфатоалюминат кальция образует-

ся в виде отдельных игол в поровом пространстве, благодаря чему структура цементного камня не разрушается, а уплотняется.

Жидкая фаза затвердевшего цемента представляет раствор гидроксида кальция концентрации близкой к концентрации насыщенного раствора, и содержит незначительные количества кремнезёма, глинозёма и оксида железа (III). Снижение одного из компонентов, образующих гидросульфатоалюминат кальция (CaO , Al_2O_3 , SO_3), исключает необходимое пересыщение жидкой фазы по этому компоненту. Экспериментально установлено, что практически заметное количество гидросульфатоалюмината кальция начинает образовываться при концентрации SO_4^{2-} в растворе 250 мг/л и выше, при концентрации 500 мг/л образуется уже значительное количество гидросульфатоалюмината кальция. Когда концентрация SO_4^{2-} в насыщенном растворе гипса превышает 1000 мг/л, что соответствует насыщенному раствору гипса, образуется максимальное количество гидросульфатоалюмината кальция [3]. Сторонники гипотезы перекристаллизации полагают, что сульфатная коррозия цементного камня вызывается переходом в твёрдом состоянии эттрингита в моносульфат кальция, что в большей степени зависит от концентрации CaO в жидкой фазе. Гидросульфатоалюминат кальция со временем может разрушаться с образованием таумазита.

Исследованиями установлено, что при действии на цементный камень растворов сульфатов в результате сложных физико-химических процессов изменяется фазовый состав цементного камня. Несомненно, характер образующихся соединений гидросульфатоалюмината кальция и гипса, а также скорость их образования зависят не только от концентрации сульфат-ионов, но и от вида и концентрации катионов и других анионов, находящихся в водной среде.

Ранее нами были установлены закономерности изменения фазового и минералогического состава в системе $\text{CaO}\text{-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-H}_2\text{O}$ под действием сульфат-ионов, а также под влиянием совместного действия сульфат- и гидрокарбонат-ионов. Установлено, что в присутствии гидрокарбонат-ионов в сульфатном растворе в системе $\text{CaO}\text{-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-H}_2\text{O}$ заметно уменьшается содержание гидросульфатоалюмината кальция [4]. Совместное влияние хлорид- и сульфат-ионов зависит от количественного соотношения между ними. Экспериментально установлено, что при концентрации сульфат-ионов 3 и 5 г/л и при соотношении $\text{SO}_4^{2-}:\text{Cl}^- = 1:1$ степень выщелачивания гидроксида кальция в системе уменьшается [5].

Исследование фазового состава затвердевших образцов показало, что в структуре цементного клинкера с добавкой фосфата натрия присутствует крупнокристаллическая фаза ортофосфата кальция и мелкокристаллическая фаза гидрофосфата кальция. Данные рентгенофазового анализа подтверждаются исследованием шлифов образцов. Основную поверхность шлифа образцов с фосфатной добавкой составляют округлые зерна и их гроздевидные сокоуплотности с четкими. А иногда размытыми границами. Зерна бесцветные, прозрачные показателем преломления 1,70–1,71. Более размытые зерна имеют показатель преломления 1,65–1,67. Оптические характеристики и внешний вид этих кристаллов соответствует фосфату и гидрофосфату кальция. Свободный (несвязанный) оксид кальция в образцах без добавки фосфата натрия содержится в клинкерах в количестве, обычно не превышающем 0,75–1%. Это свидетельствует о неполноте реакций образования силикатов кальция. Свободный оксид кальция в клинкере представлен в виде скоплений или отдельных округлых зерен, часто примерно одинакового с белитом размера; его трудно обнаружить в прозрачном шлифе клинкера, но он хорошо виден в полированном шлифе, так как благодаря округлой форме заметно выделяется на поверхности шлифа. Содержание свободного оксида кальция в образцах с добавкой фосфата натрия, исходя из соотношения концентраций ионов $\text{SO}_4^{2-}:\text{PO}_4^{3-} = 1:2$ уменьшается до 0,3%, а это влечет за собой уменьшение степени выщелачивания и стабилизации pH на высоком уровне (pH = 12).

Результаты определения количества водорастворимых ионов кальция представлены в таблице 1 и 2.

Из приведенных данных видно, что содержание водорастворимой формы ионов кальция в образцах с повышением концентрации сульфат-ионов от 1,5 до 5 г/л увеличивается. При концентрации

Таблица 1. Количество водорастворимых ионов кальция в пробах из вытязки образцов

Проба из вытязки образца, помещенного в р-р с соотношением ионов $PO_4^{3-} : Cl^-$	Масса ионов Ca^{2+} в навеске, г	Процентное содержание ионов Ca^{2+} в навеске	Процентное содержание ионов Ca^{2+} в цементе	Масса CaO в навеске, г
(1,5 г/л) Ч. SO_4^{2-}	0,0215	2,15	9,65	0,038
1:1	0,0208	2,10	9,43	0,037
1:2	0,02	1,85	8,31	0,033
2:1	0,0076	1,47	10,50	0,042
(3 г/л) Ч. SO_4^{2-}	0,03	3,0	13,47	0,054
1:1	0,024	2,62	11,76	0,047
1:2	0,0142	1,93	8,66	0,034
2:1	0,0111	1,67	7,50	0,03
(5 г/л) Ч. SO_4^{2-}	0,0365	3,65	18,21	0,073
1:1	0,0351	3,51	17,20	0,067
1:2	0,0349	3,50	15,71	0,063
2:1	0,0346	2,50	11,22	0,045

Таблица 2. Количество водорастворимых ионов кальция в агрессивной среде

Проба с соотношением ионов $SO_4^{2-} : PO_4^{3-}$ в растворе	Масса ионов Ca^{2+} в навеске, г	Масса CaO в навеске, г	% -ное содержание ионов Ca^{2+}	
			в навеске	в цементе
(1,5г/л) Ч. SO_4^{2-}	0,0215	0,03	2,15	7,52
1:1	0,00915	0,0128	0,91	3,20
1:2	0,005	0,007	0,50	1,75
2:1	0,015	0,021	1,50	5,25
(3г/л) Ч. SO_4^{2-}	0,01	0,014	1,00	3,50
1:1	0,0075	0,0105	0,75	2,625
1:2	0,011	0,0154	1,10	3,85
2:1	0,0085	0,0119	0,85	2,97
(5г/л) Ч. SO_4^{2-}	0,0075	0,0105	0,75	2,62
1:1	0,006	0,0084	0,60	2,10
1:2	0,01	0,014	1,00	3,50
2:1	0,005	0,007	0,50	1,75

сульфат ионов 1,5 г/л присутствие хлорид-ионов способствует увеличению содержания водорастворимых форм. При концентрации сульфат-ионов 3 и 5 г/л положительную роль играют хлорид-ионы при соотношении $SO_4^{2-} : PO_4^{3-} = 1:2$. При повышении концентрации агрессивных сульфат-ионов до 12, 16 и 20 г/л положительная роль фосфат-ионов почти не проявляется.

С увеличением концентрации сульфат-ионов в агрессивной среде действуют два противоположных процесса – с одной стороны, с ростом концентрации сульфата в агрессивной среде возрастает кристаллизация $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ за счёт увеличения содержания иона SO_4^{2-} , одноимённого с ионами кристаллизующегося гипса. Этот процесс способствует формированию мелкокристаллического слоя продуктов коррозии низкой диффузионной проницаемости. С другой стороны, в присутствии Na_2SO_4 увеличивается растворимость гидроксида кальция и может увеличиваться растворимость гипса по сравнению с растворимостью этих соединений в воде, что способствует увеличению скорости коррозии.

Как известно, что коррозия I вида объединяет процессы, связанные с выщелачиванием растворимых компонентов, прежде всего, $Ca(OH)_2$ жидкой фазы цементного камня под действием агрессивных растворов.

Установлено, что выщелачивание $Ca(OH)_2$ из цементного камня приводит к понижению прочностных характеристик бетона [2] вследствие последовательного ряда разложений компонентов цементного камня, связанных с изменением концентрации $Ca(OH)_2$.

При концентрации $Ca(OH)_2$ в пересчёте на CaO в жидкой среде 1,2 г/л устойчивы все перечисленные выше минералы; при концен-

трации 1,6-1,08 г/л высокоосновные гидросиликаты и гидроалюминаты переходят в низкоосновные. При понижении концентрации CaO до 0,4–0,5 г/л устойчивы только одноосновные гидросиликаты и гидроалюминаты. При концентрации CaO 0,16–0,36 г/л гидроалюминаты подвергаются полному гидролизу с образованием $Al(OH)_3$. при более низких концентрациях распадается однокальциевый силикат с образованием геля кремниевой кислоты [1].

Экспериментальные данные показали, что в присутствии сульфата натрия растворимость гидроксида кальция повышается с увеличением концентрации SO_4^{2-} , и поэтому усиливаются коррозионные процессы I вида. В начале в раствор будет переходить свободный гидроксид кальция, когда же удалится значительная его часть, начнется гидролиз гидросиликатов и гидроалюминатов кальция с выделением гидроксида кальция. По мере снижения концентрации CaO в растворе, соприкасающемся с цементным камнем, происходит гидролиз других гидратов, стабильное существование которых возможно только в растворах гидроксида кальция известной концентрации. В таблице 3 представлены экспериментальные данные по выщелачивающей способности испытываемых образцов сульфатной среде.

Анализ экспериментальных данных показал, что добавка фосфата натрия при определенных концентрациях сульфат-ионов в агрессивной среде уменьшает степень выщелачивания гидроксида кальция. Особенно это заметно при соотношении концентраций $SO_4^{2-} : PO_4^{3-} = 1:1$ и 1:2 при небольших концентрациях сульфат-ионов (1,5 г/л и 3 г/л).

Данные по определению pH водных вытязок из образцов представлены в таблице 4.

Таблица 3. Количество растворенного СаО в зависимости от соотношения концентраций ионов SO_4^{2-} и PO_4^{3-} в вытяжке из образцов

Содержание СаО в цементе	Количество растворенного СаО (%) от первоначального содержания											
	концентрация SO_4^{2-} 1,5 г/л				концентрация SO_4^{2-} 3 г/л				концентрация SO_4^{2-} 5 г/л			
	1:0	1:1	1:2	2:1	1:0	1:1	1:2	2:1	1:0	1:1	1:2	2:1
64%	16,4	21,87	38,28	22,97	22,97	14,71	32,16	19,14	27,945	14,66	21,05	21,8

Таблица 4. Значения pH водных вытяжек из образцов

Значения pH водных вытяжек											
концентрация SO_4^{2-} 1,5 г/л				концентрация SO_4^{2-} 3 г/л				концентрация SO_4^{2-} 5 г/л			
1:0	1:1	1:2	2:1	1:0	1:1	1:2	2:1	1:0	1:1	1:2	2:1
10,1	11,7	12,1	10,9	9,1	11,2	11,5	10,2	8,5	8,9	9,1	9,0

Щелочная природа бетона, вызванная присутствием $Ca(OH)_2$ с $pH = 13$, предотвращает коррозию арматуры железобетона формированием тонкого защитного слоя из оксида железа на поверхности металла. Эта защита известна под названием пассивность. Однако если бетон проницаем до такой степени, что карбонизация достигает бетона в контакте со сталью или растворимыми хлоридами и проникает до арматуры при наличии воды и кислорода, произойдет коррозия арматуры. Слой пассивного оксида железа разрушается, когда pH опускается ниже 11. Карбонизация понижает уровень pH примерно до 9. Образование ржавчины вызывает увеличение объема, по сравнению с исходным объемом стали. Давление вспучивания вызовет трескание и скалывание бетона. Кроме того, хорошо консолидированный и правильно выдержанный бетон с низким водоцементным отношением обладает низкой водопроницаемостью, что минимизирует проникновение факторов, вызывающих коррозию стальной арматуры, таких как хлорид-ион, углекислый газ, влага и т.д. Если бетон должным образом спроектирован, применен и обслужен, не должно возникать значительных проблем с коррозией стали во время срока эксплуатации конструкций. При небольшой концентрации сульфат ионов (1,5 и 3 г/л) добавка фосфата натрия повышает pH до значений, при которых стальная арматура пассивна и не подвергается коррозии.

Заключение

1. При небольших концентрациях сульфат-ионов (до 5 г/л) $SO_4^{2-} : PO_4^{3-} = 1:1$ и $1:2$ уменьшает количество водорастворимых ионов кальция в системе.

2. Положительное влияние фосфатов в значительной степени проявляется в стабилизации pH на уровне 11–12.
3. В присутствии фосфатов структура цементного клинкера уплотняется за счет образования крупнокристаллических новообразований фосфата кальция.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Иванов, Ф.М. Коррозионностойкие бетоны и железобетонные конструкции / Ф.М. Иванов, Г.В. Любарская, Г.В. Чехний – М.: Наука, 1981. – 253 с.
2. Москвин, В.М. Коррозия бетона и железобетона, методы их защиты / В.М. Москвин, Ф.М. Иванов, С.Н. Алексеев, Е.А. Гузев. – М.: Стройиздат, 1980. – 536 с.
3. Москвин, В.М. О роли ионного и солевого состава раствора при сульфатной коррозии бетона / В.М. Москвин, Г.В. Любарская. – Бетон и железобетон. – 1982. – № 9. – С. 16–18.
4. Ступень, Н.С. Исследование системы $CaO-SiO_2-Al_2O_3-H_2O$ в присутствии ионов SO_4^{2-} и HCO_3^- / Н.С. Ступень, Б.С. Шевченко, Ю.В. Волыничук // Вестник Брестского университета. Сер. прир.наук. – 2003. – № 2. – С. 55–61.
5. Ступень, Н.С. Влияние хлоридов на степень выщелачивания гидроксида кальция в системе $CaO-SiO_2-Al_2O_3-H_2O$ в сульфатной агрессивной среде / Н.С. Ступень, М.В. Лукашенко // Вестник Брестского университета. Сер. прир.наук. – 2008. – № 2. – С. 45–51.

Материал поступил в редакцию 20.02.12

STUPEN N.S. Stability of Phosphatic Composite Materials in the Sulphatic Environment

The joined influence of fosphates on the degree of washing out of calcium hydroxide in the system $CaO-SiO_2-Al_2O_3-H_2O$ in sulphate aggressive medium was studied. Experiments showed that the degree of washing out of alkaline in the system decreases at concentrations of suphate ions 3 and 5 g per l and the ratio $SO_4^{2-} : PO_4^{3-} = 1:2$. The decrease of washing out of calcium hydroxide leads to the reduction of corrosion speed in this system.

УДК 528.48 (69)

Синякина Н.В., Нагурный С.Г., Протасевич А.Н.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛАЗЕРНОЙ РУЛЕТКИ ПРИ ВЫНОСЕ ПРОЕКТНЫХ ДАННЫХ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ В РАЙОНЕ МЕЛИОРАТИВНЫХ РАБОТ

Введение. При проектировании и строительстве гидротехнических сооружений необходимо выполнить большое количество натуральных геодезических наблюдений. Так, например, при разбивке (перенесение в натуру) контура водохранилища, строительных осей бетонных сооружений гидроузла, оси обводного канала и т.д. наряду с угловыми элементами неоднократно приходится откладывать проектное значение отрезков от разбивочной геодезической основы до соответствующей проектной точки на местности. Подобная задача выполняется при использовании следующих способов разбивки: полярных координат, прямоугольных координат, линейной засечки и

комбинированной засечки.

В нормативно-технической литературе [1, 2, 3] даются рекомендации и методика выноса проектного горизонтального проложения линии на местность стальной лентой (рулеткой). Этот способ используют на производстве с учетом введения всех поправок в результат отложения проектного значения, а именно поправки за компарирование рабочей ленты, за наклон местности, за температуру на момент работ, за провес мерной ленты.

Однако в условиях заболоченной или с неравномерными уклонами местности, кочковатости поверхности, высокой луговой расти-

Синякина Наталья Васильевна, к.т.н., доцент, кафедры геотехники и транспортных коммуникаций Брестского государственного технического университета.

Протасевич А.Н., студент факультета водоснабжения и гидромелиорации Брестского государственного технического университета. Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.