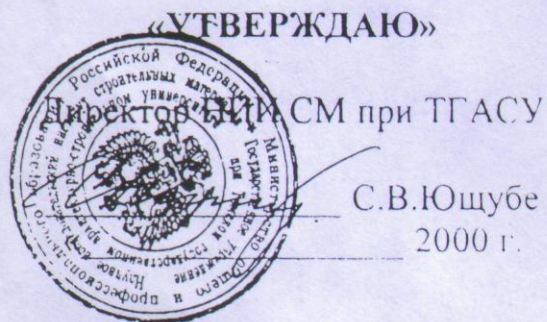


Министерство образования Российской Федерации
Томский государственный архитектурно-строительный университет
Научно-исследовательский институт строительных материалов
Испытательный центр «Стромтест»

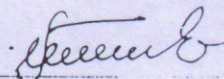


НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ОТЧЕТ

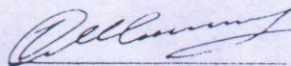
по теме: «Исследование стойкости защитных составов проникающего действия «Кальматрон» в агрессивных средах»

Исполнители:

Зав. отделом № 4 НИИ СТМ
при ТГАСУ, к.т.н., доцент

 Г.Г.Шмидт

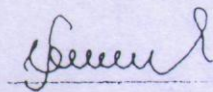
Инженер лаб. «Гидроизоля-
ционные материалы»
ИЦ «Стромтест»

 А.В.Мячин

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Научный руководитель:

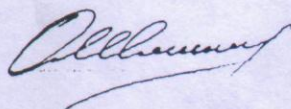
Зав. отделом «Полимеры в строительстве» НИИ СМ ТГАСУ, к.т.н., доцент



Г.Г.Шmidt

Ответственный исполнитель:

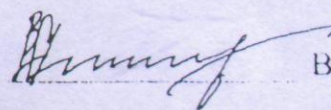
Инженер лаборатории «Гидроизоляционные материалы» ИЦ «Стромтест»



А.В.Мячин

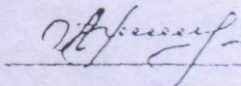
Исполнители:

Зав. лабораторией «Кровельные и гидроизоляционные материалы» НИИ СМ, д.ф.-м.н., профессор



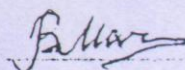
В.А.Бураков

Инженер лаборатории «Гидроизоляционные материалы» ИЦ «Стромтест»



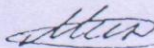
А.И.Петрова

Инженер лаборатории «Гидроизоляционные материалы» ИЦ «Стромтест»



В.В.Мачкин

Инженер лаборатории «Гидроизоляционные материалы» ИЦ «Стромтест»



А.С.Миняйло

Программа и методика исследований

Исследование химической стойкости защитных составов «Kalmatron» в агрессивных средах выполнены в лаборатории «Гидроизоляционные материалы» Испытательного центра «Стромтест» при НИИ строительных материалов Томского государственного архитектурно-строительного университета. Защитные составы изготавливались из сухих цементопесчаных смесей [1] производства ОАО «Опытный завод сухих смесей» (г. Москва) с добавкой «Kalmatron» в соотношении 3:1, а также из состава проникающего действия «Kalmatron» [2] в качестве самостоятельного защитного слоя. Результаты контрольных испытаний цементопесчаного раствора марки М 150 приведены в таблице 1 и рис. 1,2.

Таблица 1

Результаты контрольных испытаний цементопесчаного раствора марки М 150

Наименование показателя, ед. изм.	Требования ТУ 5716-001-33575922-98	Фактическое значение в возрасте		
		7 суток	14 суток	28 суток
Прочность на сжатие, МПа	не менее 15	10,2	16,6	16,8
Морозостойкость, циклов	не менее 50	---	---	50
Марка по водонепроницаемости	Не ниже W2	---	---	W2

В исследованиях использовался состав цементный проникающего действия «Kalmatron» ООО «Кальматрон-Н» (г. Новосибирск). Характеристики партии цементного защитного состава «Kalmatron» приведены на рис. 3, 4 и в таблице 2. Результаты испытаний штукатурного цементопесчаного гидроизолирующего состава с добавкой «Kalmatron» приведены на рис. 5, 6.

Таблица 2

Характеристики цементного защитного состава «Kalmatron»

Наименование показателя, ед. изм.	Требования ТУ 5716-001-33575922-98	Фактическое значение в возрасте		
		7 суток	14 суток	28 суток
Для сухой смеси:				
Внешний вид	серый порошок	соответствует		
Массовая доля влаги, %	не более 2,5	2,2		
Для растворной смеси:				
Сроки схватывания, мин				
начало	не менее 15	15		
окончание	не более 85	60		
Для раствора:				
Прочность на сжатие, МПа	не менее 25	17,3	25,7	28,6
Марка по морозостойкости	не ниже F300	---	---	F 300
Марка по водонепроницаемости	не ниже W8	---	---	W8



рис.1



рис.2

Состав цементный защитный проникающего действия
«Kalmatron» (промышленная партия)

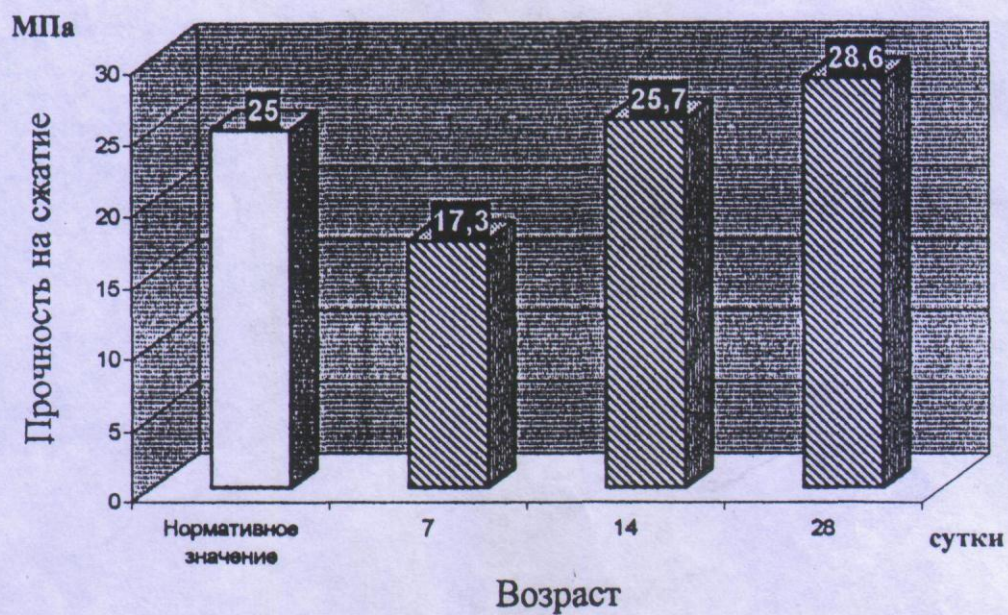


рис. 3

Состав цементный защитный проникающего действия
«Kalmatron» (промышленная партия)

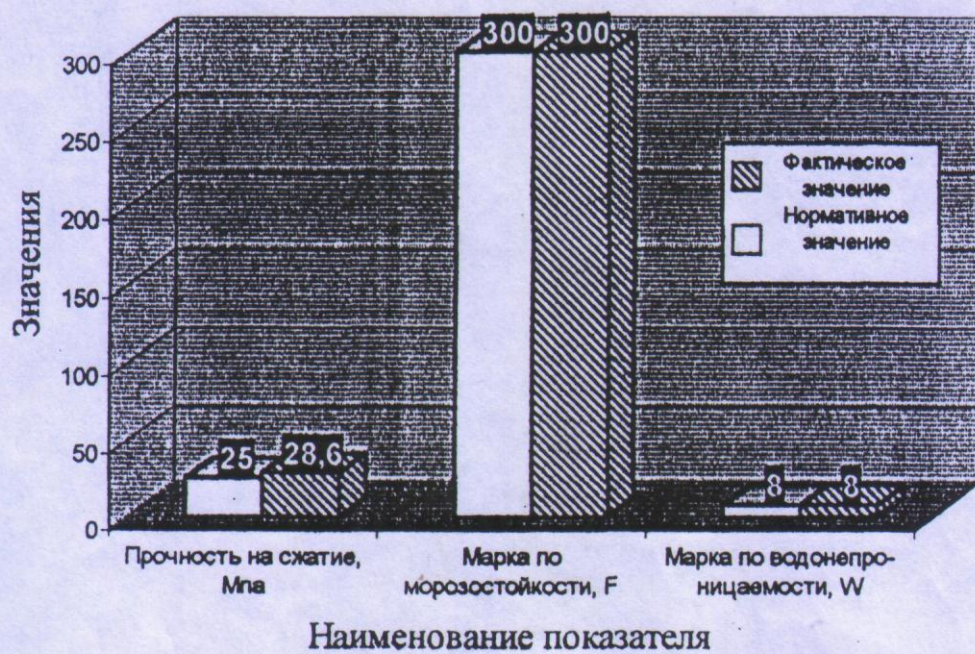


рис. 4



рис.5

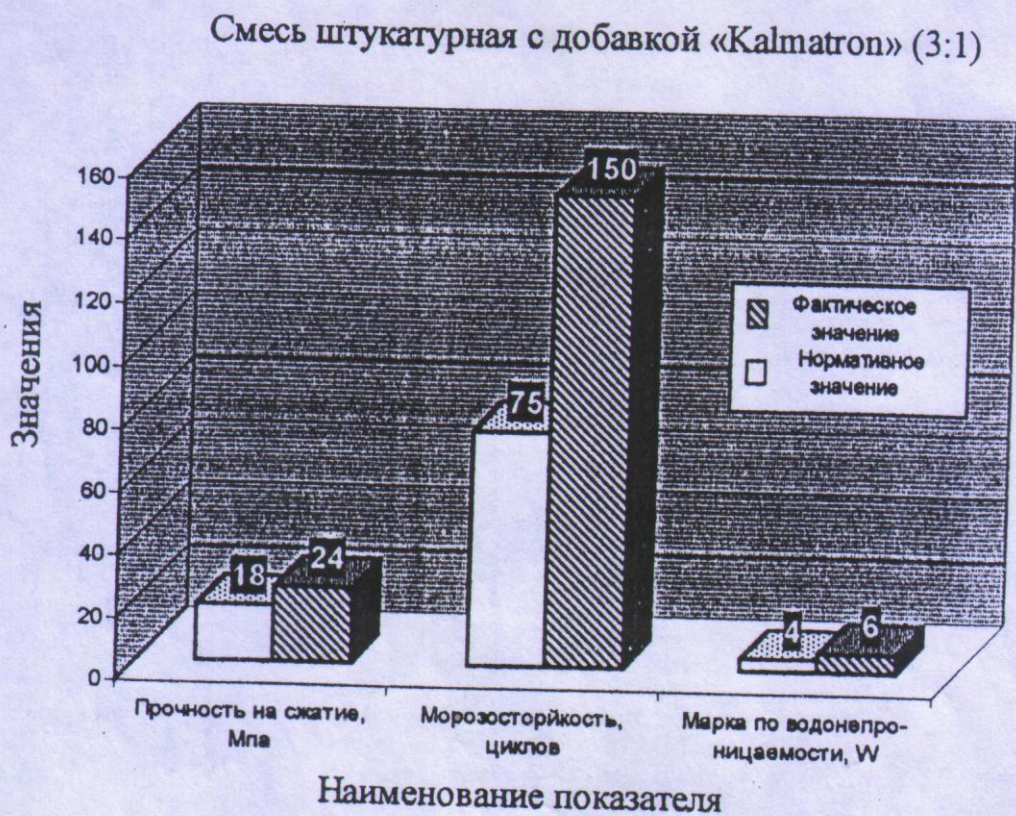


рис. 6

В качестве агрессивной среды использовался насыщенный раствор оксихлорида алюминия (ОХА), изготовленный по [10] и применяемый в качестве коагулянта при очистке воды хозяйственно-питьевого и промышленного назначения, а также в системе очистки сточных вод. В исследованиях применялся насыщенный раствор ОХА марки А, с массовой долей основного вещества (Al_2O_3) – 22,5 %. Оксихлорид алюминия обладает кислотными свойствами, водородный показатель pH рабочего раствора перед испытанием контрольных образцов с защитными покрытиями составил 2,78. Согласно [4] (табл.5) по водородному показателю pH раствор оксихлорида алюминия отнесен к сильноагрессивным средам.

Для проведения испытаний готовились образцы из цементопесчаного раствора размером 7х7х7см. Показатели $R_{\text{изг}}$ определялись на образцах-балочках размером 4х4х16. Режимы твердения определялись для каждой серии и варьировались от твердения в естественных условиях до твердения в воздушно-влажной среде или с погружением в воду. Защитные составы проникающего действия «Kalmatron» изготавливались и наносились на образцы согласно [2] и [3]. Толщина наносимого на поверхность бетонных кубиков защитного слоя «Kalmatron» составила 5-6 мм. Образцы предварительно замачивались на 1-2 часа, затем металлическим шпателем наносился защитный слой из «Kalmatron». Через 6 часов образцы обильно смачивались водой и помещались в эксикаторы, где обеспечивалось их воздушно-влажное твердение. Контрольные образцы цементопесчаных растворов с добавкой «Kalmatron» различных серий выдерживались в воздушно- влажной среде по 7, 14, и 28 суток. Результаты испытаний образцов приведены в таблице 3.

Таблица 3

Результаты контрольных испытаний
цементопесчаных растворов с добавкой «Kalmatron»

Наименование показателя, ед. изм.	Требования ТУ 5716-001-33575922-98	Фактическое значение в возрасте		
		7 суток	14 суток	28 суток
Прочность на сжатие, МПа	не менее 18	16,2	19,6	24,0
Морозостойкость, циклов	не менее 75	---	---	150
Марка по водонепроницаемости	не ниже W4	---	W6	W6

Другая серия образцов с различным сроком и режимом твердения помещалась в агрессивную среду - раствор оксихлорида алюминия на 45 суток. Температура в испытательной камере поддерживалась в пределах 18-20 °С. После воздействия агрессивной среды отдельные серии образцов испытывались через 7, 14 и 28 суток. Изучался характер повреждений по-

верхностного слоя, методами рН-метрии исследовались глубина и скорость коррозии цементного камня в контактной зоне.

Испытания проводились на прессовом оборудовании. Образцы подвергались сжатию через стальные пластинки и гипсовые прокладки по различным плоскостям с усреднением полученных результатов. В каждой серии, количество изготовленных образцов, составило от пяти до семи, что позволило обеспечить высокую достоверность результатов испытаний.

Анализ результатов контрольных испытаний образцов с защитным составом «Kalmatron» воздействия агрессивной среды

В ходе исследований, установлены некоторые закономерности воздействия кислотной среды на цементопесчаный раствор и защитный слой из «Kalmatron». При воздействии насыщенного раствора оксихлорида алюминия на цементный камень, в результате обменных реакций происходят изменения состава и структуры цементного камня в поверхностном слое образцов и, как следствие, некоторое снижение их прочности. Так, при площади контакта контрольных цементопесчаных образцов 2400 см^2 на 5 литров раствора оксихлорида алюминия, уровень рН раствора после 45 суток изменился с 2,78 до 3,65, что свидетельствует об активном участии оксихлорида алюминия в обменных реакциях, в результате чего происходит процесс интенсивной коррозии цементопесчаного раствора. После испытаний на прочность исследованы параметры глубины и скорости коррозии контрольных образцов. Глубина повреждений на контрольных образцах после 45 суток составила 5-6 мм, при начальной скорости коррозии 2,5-3 мм в месяц. Образцы цементопесчаного раствора с добавкой «Kalmatron» (в соотношении 3:1) в аналогичных условиях показали изменение уровня рН раствора всего с 2,78 до 3,06.

Произошло значительное снижение интенсивности обменных реакций и скорости коррозии цементного камня при воздействии агрессивной среды. Данные закономерности отмечаются для образцов в возрасте 7, 14 и 28 суток. Показатель рН раствора оксихлорида алюминия через 45 суток при выдержке цементопесчаных образцов с защитным слоем из «Kalmatron» при аналогичной площади контакта (2400 см^2) составил 2,94. Структура цементного камня под защитным слоем не нарушена. Глубина повреждения защитного слоя из «Kalmatron» в среднем колеблется от 0,8 до 1,2 мм за контрольный срок - 45 суток. Наиболее интенсивно процесс коррозии отмечен за первые 7 суток - 0,6-0,8 мм. Затем процессы обменных реакций и коррозии существенно замедляются и устанавливаются на уровне 0,1-0,2 мм в месяц. С учетом эффекта кальматации пор продуктами обменных реакций и дальнейшего упрочнения структуры защитного по-

крытия «Kalmatron» и улучшения его гидроизолирующих свойств, после 7 суток воздействия агрессивной среды произошло снижение скорости коррозии защитного слоя.

Характер и глубина процессов коррозии защитных составов с использованием системы «Kalmatron» от агрессивной среды в контактной зоне исследованы методом рН-метрии. Характер изменения величины водородного показателя рН во времени от воздействия оксихлорида алюминия на защитный слой из «Kalmatron» и цементопесчаный раствор представлен на рис. 7. Обследование образцов с защитным покрытием из «Kalmatron» показало, что глубина коррозии за 45 суток не превышает 0,8-1,2 мм, а водородный показатель после 7 суток воздействия оксихлорида алюминия в поверхностном слое (контактной зоне) в дальнейшем практически не изменился (рН 11,3-11,4), что свидетельствует о замедлении обменных реакций и резком снижении скорости коррозии в результате кальматации пор продуктами обменных реакций. В то же время, контрольные цементопесчаные образцы имели более высокие темпы снижения водородного показателя в контактной зоне (с рН 12,3 до рН 10,3) и высокую скорость коррозии, что привело к значительному снижению прочностных показателей рис. 8. Следует учитывать, что водородный показатель имеет усредненное значение и определен в контактной зоне глубиной до 3-х мм. Однако общие закономерности скорости и характера коррозии хорошо прослеживаются данным методом. Коррозия цементного камня в цементопесчаных образцах с добавкой «Kalmatron» не имеет ярко выраженного характера, структура контактной зоны не нарушена. Измерение водородного показателя в контактной зоне показало, что в начальный период (до 14 суток) произошло его снижение с рН 12,0 до рН 11,2. Однако в дальнейшем данный показатель при воздействии агрессивной среды изменился незначительно. Испытания прочностных характеристик цементопесчаных образцов с добавкой «Kalmatron» и защитным слоем из «Kalmatron» показали, что параметры коррозии в контактной зоне не привели к значительным изменениям их физико-механических характеристик и, что наиболее важно, показателей водонепроницаемости рис.9, 10.

Контрольные образцы цементопесчаного раствора в результате коррозии имели в контактной зоне существенные повреждения.

В ходе обменных реакций произошло разрушение цементного камня и резкое снижение физико-механических характеристик. Процесс коррозии в цементопесчаных образцах имеет постоянную скорость. Образцы цементопесчаного раствора с добавкой «Kalmatron» и защитный слой из «Kalmatron» имеют высокие показатели по водонепроницаемости, обеспечивающие высокоэффективную защиту железобетонных конструкций от воздействия агрессивных сред.

Изменение pH цементного камня в контактной зоне
(< 5 мм) при воздействии агрессивной среды (раствора
оксихлорида алюминия)

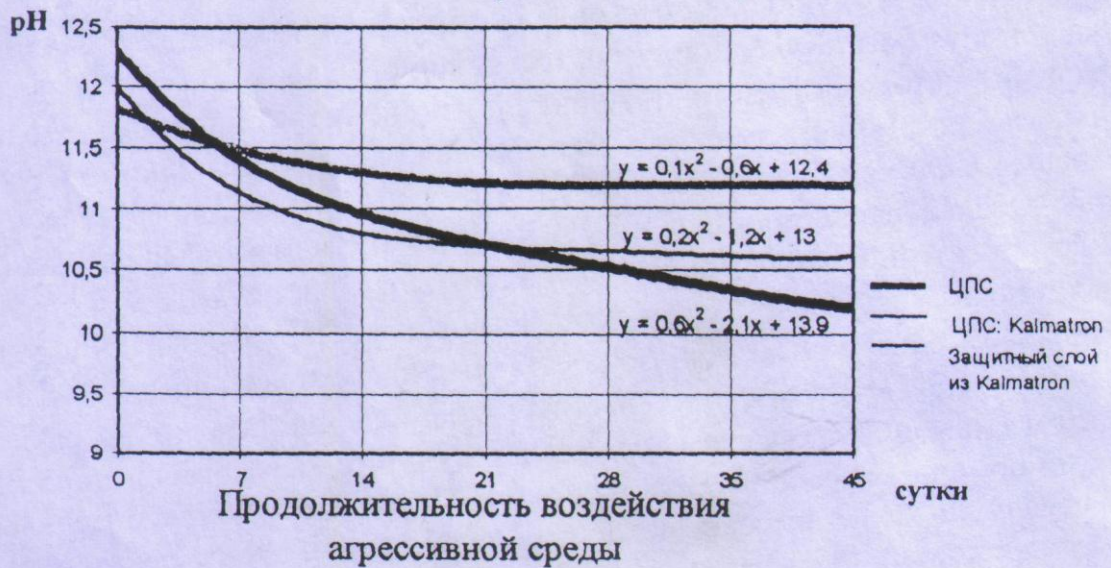


рис. 7

Результаты контрольных испытаний образцов
после 45 суток воздействия агрессивной среды

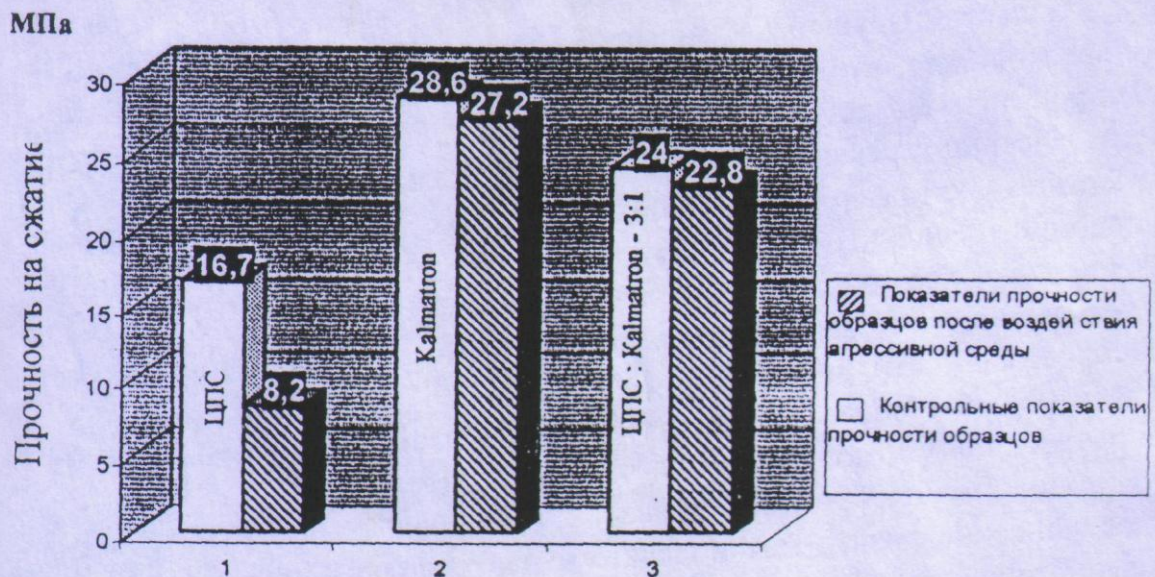


рис. 8

Показатели прочности образцов на растяжение при изгибе ($R_{изг}$) после воздействия агрессивной среды

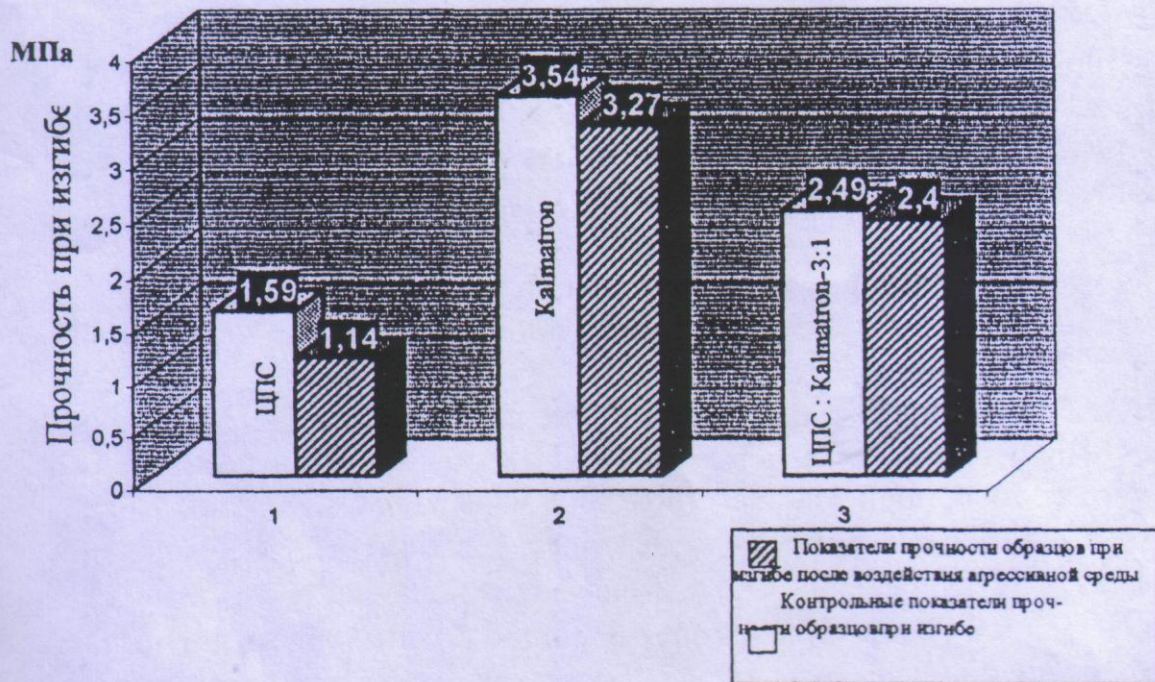


рис. 9

Исследования образцов на водонепроницаемость по методу "мокрого пятна" (ГОСТ 12730)

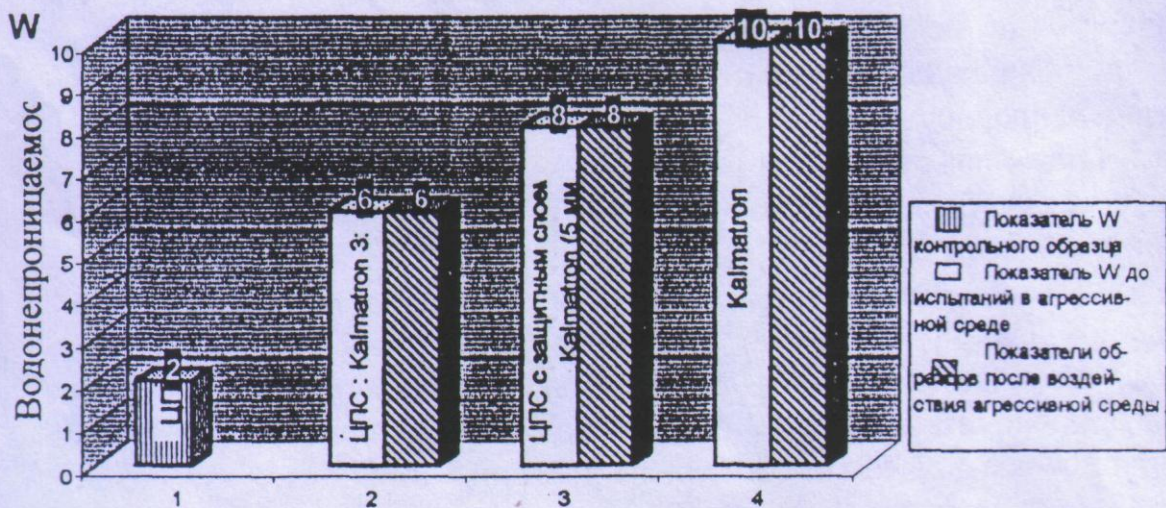


рис. 10

Вывод: анализ экспериментальных данных по изучению характера и скорости коррозии цементопесчаных образцов с добавкой «Kalmatron» и защитным покрытием из чистого «Kalmatron», позволяет рекомендовать применение данных составов в качестве эффективных химически стойких водонепроницаемых защитных покрытий железобетонных конструкций, эксплуатируемых в кислых средах. Защитные составы достаточно эффективны при воздействии растворов оксихлорида алюминия, в т.ч. на объектах систем очистки воды хозяйственно-питьевого и промышленного назначения, систем очистки сточных вод.

Исследование адгезионной прочности клеевых швов в цементобетонных образцах с использованием состава «Kalmatron»

В лаборатории также были выполнены исследования адгезионной прочности клеевых швов в цементобетонных образцах с использованием защитного состава проникающего действия «Kalmatron». Образцы - балочки (4x4x16) изготавливались из цементопесчаных смесей (ЦПС) марки М 150 [1], из ЦПС с добавкой «Kalmatron» в соотношении – 3:1, а также из ЦПС с защитным слоем «Kalmatron» толщиной 5-6мм. Образцы в возрасте 28 суток воздушно-влажного и воздушно-сухого твердения были помещены в агрессивную среду (насыщенный раствор оксихлорида алюминия, pH-2,78) на 45 суток, а затем подвергнуты испытаниям на растяжение при изгибе в соответствии с [6]. Половинки образцов - балочек после испытаний были склеены чистым «Kalmatron». Подготовка склеиваемых поверхностей выполнена в полном соответствии с [3]. Для каждой серии испытаний изготавливалось не менее 12 образцов, что обеспечивало необходимую достоверность полученных результатов.

Набор прочности клеевых соединений осуществлялся в воздушно-влажных (100% влажность) и в воздушно-сухих условиях. Образцы испытывались на растяжение при изгибе через 7, 14 и 28 суток. Результаты испытаний приведены на рис. 11, 12, 13. Как видно из показателей, при тщательной подготовке склеиваемых поверхностей, прочность клеевого соединения из «Kalmatron» нарастает пропорционально набору прочности контрольных образцов из ЦПС и ЦПС с добавкой «Kalmatron». Однако, максимальная прочность клеевого шва из «Kalmatron» может быть достигнута лишь при абсолютной влажности среды или при постоянном увлажнении. Расчетная прочность клеевого соединения цементопесчаных образцов при воздушно-сухом твердении в 1,8 раза ниже, чем при воздушно-влажном. Данная закономерность прослеживается и для образцов с различным сроком твердения. Наибольшая прочность клеевого соединения достигнута на

образцах ЦПС с добавкой «Kalmatron». Она достигает 85% - 94% прочности контрольных образцов на растяжение при изгибе.

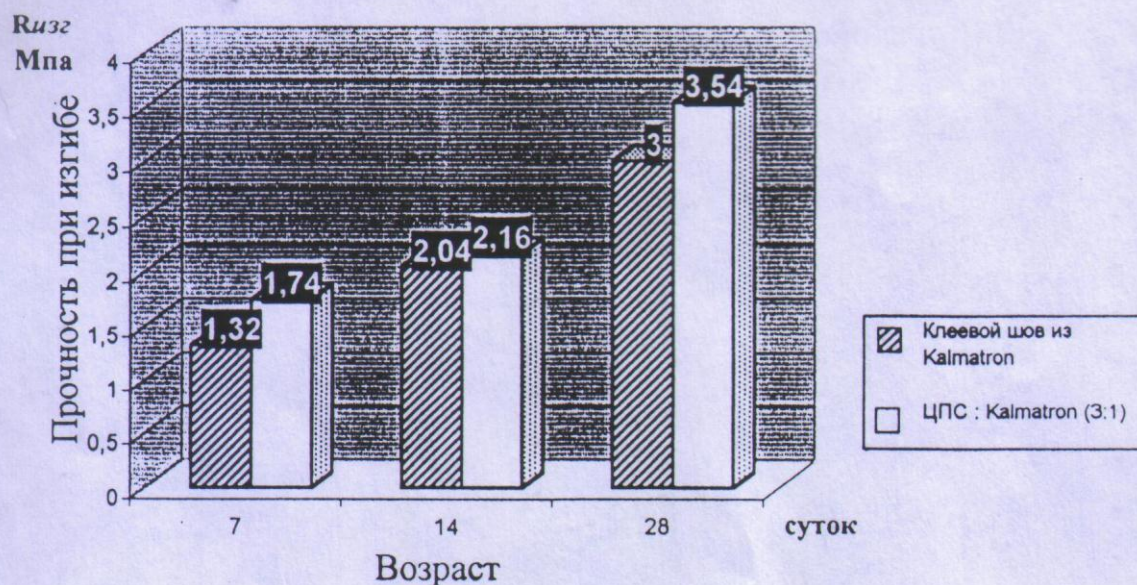
Анализ полученных результатов показывает, что расчетная прочность клеевого соединения бетонных образцов составом «Kalmatron» может быть достигнута при надлежащем выполнении правил подготовки склеиваемых поверхностей и строгом соблюдении воздушно-влажных или влажных условий твердения образцов, что обеспечивает оптимальные условия для формирования адгезионных связей.

Выводы:

1. Нормативная адгезионная прочность клеевого соединения бетонных поверхностей (свободных от загрязнений) составом «Kalmatron» может быть принята не менее 2,5 МПа.

2. Расчетная величина адгезионной прочности клеевого шва, выполненного из состава «Kalmatron» и при неукоснительном соблюдении правил подготовки склеиваемых поверхностей, может быть принята - 1,5 МПа.

Исследование адгезионной прочности швов
цементопесчаного бетона с добавкой «Kalmatron»(*)



(*) ПРИМЕЧАНИЕ: 1 - Соотношение ЦПС : Kalmatron 3:1;

2 - Обработка поверхности шва выполнена грунтовкой из Kalmatron;

3 - Твердение воздушно-влажное.

рис. 11

Оценка прочности клеевого шва из «Kalmatron»

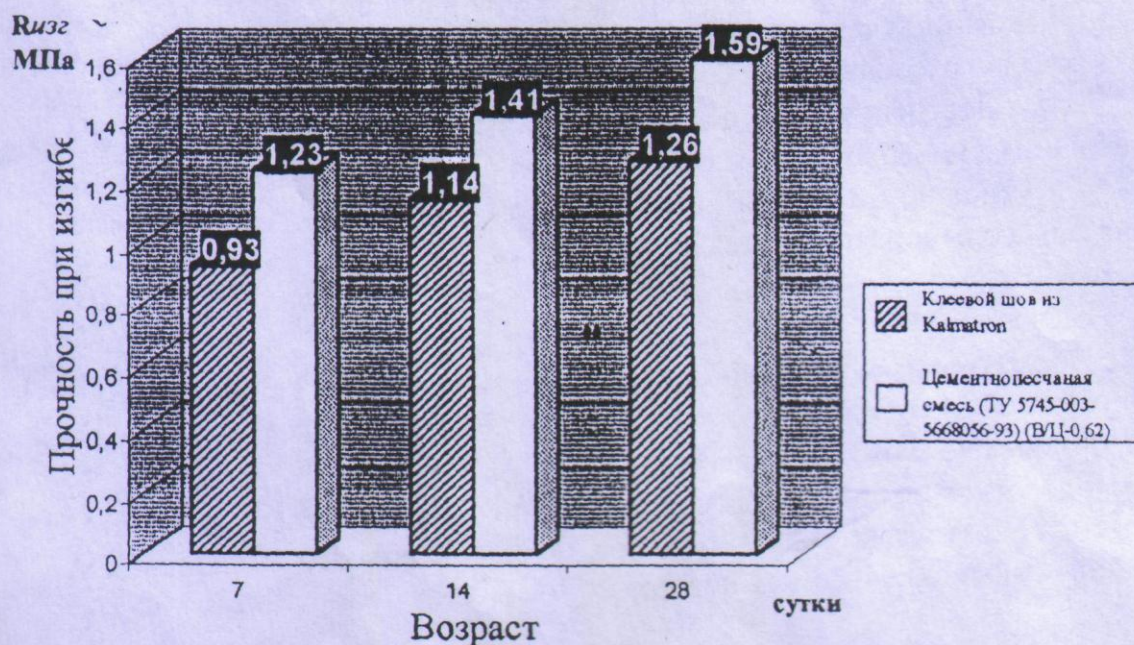


рис. 12

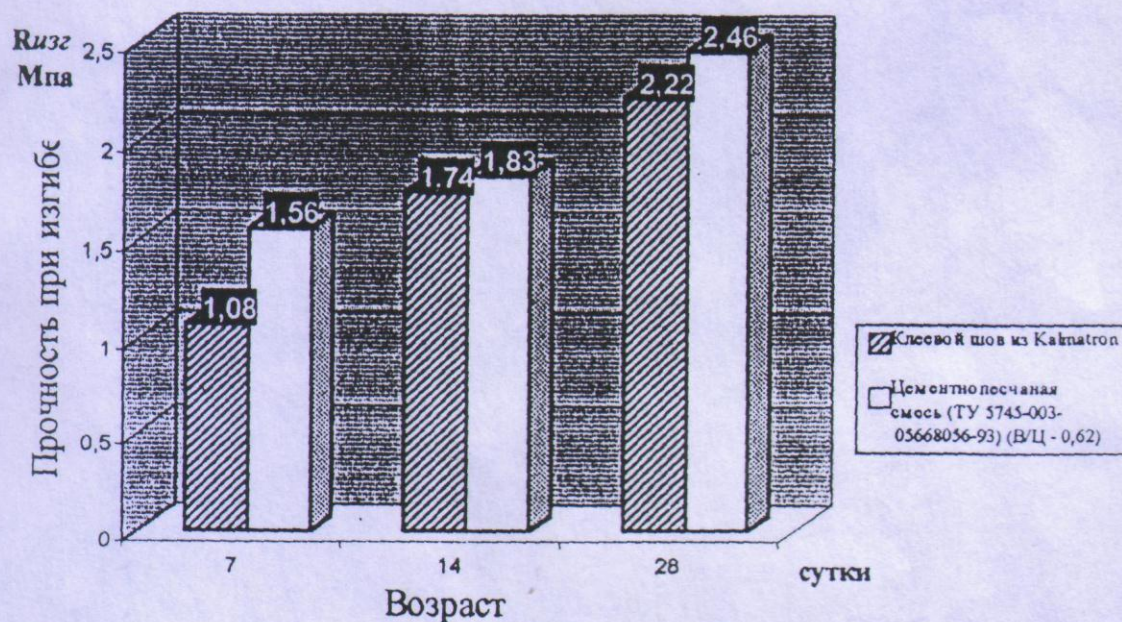
Оценка прочности клеевого шва из «Kalmatron»
(воздушно-влажное твердение)

рис. 13

Список использованной литературы

1. ТУ 57455-003-05668056-93. Защитные составы из сухих цементопесчаных смесей.
2. ТУ 5716-001-33575922-98. Состав цементный защитный проникающего действия KALMATRON.
3. Инструкция по проведению испытаний защитного состава KALMATRON.
4. СНиП 3.03.11-86. Защита строительных конструкций от коррозии.
5. ГОСТ 7473-85. Смеси бетонные. Технические условия.
6. ГОСТ 10180-90. Бетоны. Методы определения прочности на сжатие, растяжение.
7. ГОСТ 10181.0-81 – ГОСТ 101181.4-81. Смеси бетонные. Методы испытаний.
8. ГОСТ 1305.0-81. Конструкции и изделия бетонные и железобетонные сборные. Требования к поверхности.
9. ГОСТ 18105-86. Бетоны. Правила контроля прочности.
10. ТУ 2152-001-334333530-96. Оксихлорид алюминия.