



ООО «Институт Коррозии»

г. Воронеж, ул. Никитинская, д.42, оф. 1006,
т/ф.(473) 220-55-98, 220-41-48, e-mail:office@zsk-vmp.ru, <http://www.zsk-vmp.ru>
ИНН 3661048952, КПП 366401001, ОГРН 1103668003416

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор
ООО «Институт коррозии»



ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЙ

**Оценка коррозионной стойкости стальной арматуры в бетоне
на основе ЦПС, MasterEmaco S 488, MasterEmaco S 488 CI в
присутствии хлоридов**

от «01» июня 2021 г.

- 1. Заказчик:** ООО «МБС Строительные системы», г. Москва.
- 2. Основание для проведения испытаний:** Договор между ООО «МБС Строительные системы» и ООО «Институт Коррозии».
- 3. Цель проведения испытаний:** Оценка коррозионной стойкости стальной арматуры в условиях хлоридной коррозии в бетоне на основе ЦПС, а также мелкозернистых смесях MasterEnaco S 488, MasterEmaco S 488 CI.
- 4. Место проведения испытаний:** Лаборатория ФГБОУ ВО «ВГУ», г. Воронеж, Университетская пл., 1.
- 5. Объект испытания:** бетон на основе ЦПС (ОПЦ М-500 по ГОСТ 10178-85 (ЗАО «Евроцемент групп», п. Подгоренский, Воронежская обл.); сухой мытый кварцевый песок по ГОСТ 8736-93 (СМ 999, ООО «Формматериалы», Воронеж); В/Ц = 0,45, Ц/П = 1/3.); бетон на основе MasterEnaco S 488 и MasterEmaco S 488 CI. Образцы 160×130×40 мм с двумя арматурными стержнями периодического профиля Ø6мм 35ГС по ГОСТ 5781-82 и биметаллическим пакетным датчиком (ПАТЕНТ на изобретение № 2631536). Арматурные стержни в бетоне на основе MasterEmaco размещали как под

сплошным слоем бетона, так и, формируя искусственную трещину с шириной раскрытия 0,5-0,7 мм, для изучения защитного действия в условиях механического повреждения защитного слоя бетона или некачественного производства ремонтных работ. Биметаллические пакетные датчики размещали только над трещиной. Толщина защитного слоя бетона 20 ± 3 мм. Количество одновременно испытываемых образцов не менее 3 для каждого типа бетона.

6. Подготовка образцов: твердение 28 суток в камере со 100% относительной влажностью воздуха. После твердения выдерживали образцы в воздушно-сухой атмосфере лаборатории в течение 7 суток.

7. Методы измерения:

- потенциал свободной коррозии арматуры на поверхности бетона, E_{cor} , (half-cell potential) по ASTM C 876-91, ОДМ 218.3.001-2010;
- удельное электрическое сопротивление бетона, ρ , (concrete resistivity) по AASHTO Designation: TP 95-11, RILEM TC-154;
- скорость коррозии по методу поляризационного сопротивления, i_{cor} , (polarization resistance method) по ГОСТ Р 52804-2007, RILEM TC-154;
- плотность тока на биметаллическом пакетном датчике (микрокоррозионных элементов, microcells), i_{sensor} .

8. Методика испытаний: Погружение в 3% водный раствор NaCl на 24 часа (цикл увлажнения) с последующей экспозицией в воздушно-сухих условиях (цикл высыхания) в течение 6 суток. Проведено 16 циклов увлажнения / высыхания. Измерения параметров по п. 7 после погружения.

9. Результаты испытаний

Представленные данные являются усредненными значениями по всем измерениям на однотипных (дублирующих) элементах. Рассмотрены результаты измерений непосредственно после извлечения испытываемых образцов из хлоридного раствора, как демонстрирующие наибольшую интенсивность процесса коррозии.

Значения потенциала свободной коррозии стальной арматуры, измеренные на поверхности бетона (E_{cor}), для бетона на основе ЦПС после первого погружения в 3% р-р NaCl отвечают коррозии с высокой вероятностью

(рис. 1). Такие значения сохраняются на протяжении всего эксперимента. Значения E_{cor} для арматуры в MasterEmaco S 488 и MasterEmaco S 488 CI без трещины малоразличимы и соответствуют пассивному состоянию арматуры с высокой вероятностью. Для образцов MasterEmaco S 488 с трещиной наблюдается монотонный переход из пассивного состояния в область неопределённых значений к 4 циклу погружения. Для образцов MasterEmaco S 488 CI с трещиной значения E_{cor} находятся на границе пассивного состояния и неопределённых значений в течение всего эксперимента.

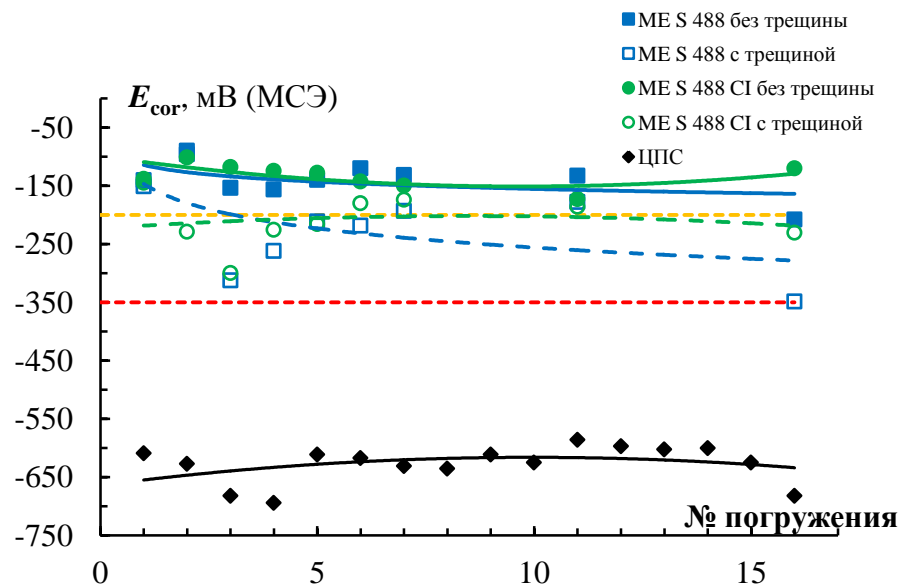


Рис. 1. Изменение потенциала свободной коррозии стальной арматуры в бетоне на основе ЦПС (Δ), MasterEmaco S 488 (□) и MasterEmaco S 488 CI (○). Желтая пунктирная линия – граница между пассивным и неопределённым состоянием, красная – граница между неопределённым состоянием и коррозией арматуры.

По критерию удельного электрического сопротивления бетона (ρ) также как и для потенциала свободной коррозии, для бетона на основе ЦПС наблюдается переход в область значений с высокой вероятностью коррозии (менее 10 кОм·см) после первого погружения (рис. 2). Для образцов на основе MasterEmaco имеет место монотонное снижение ρ в течение 16 циклов увлажнения. При этом абсолютные значения отвечают низкой вероятности коррозии. Начальные значения удельного электрического сопротивления бетона на основе MasterEmaco S 488 CI выше до двух раз относительно MasterEmaco S

488.

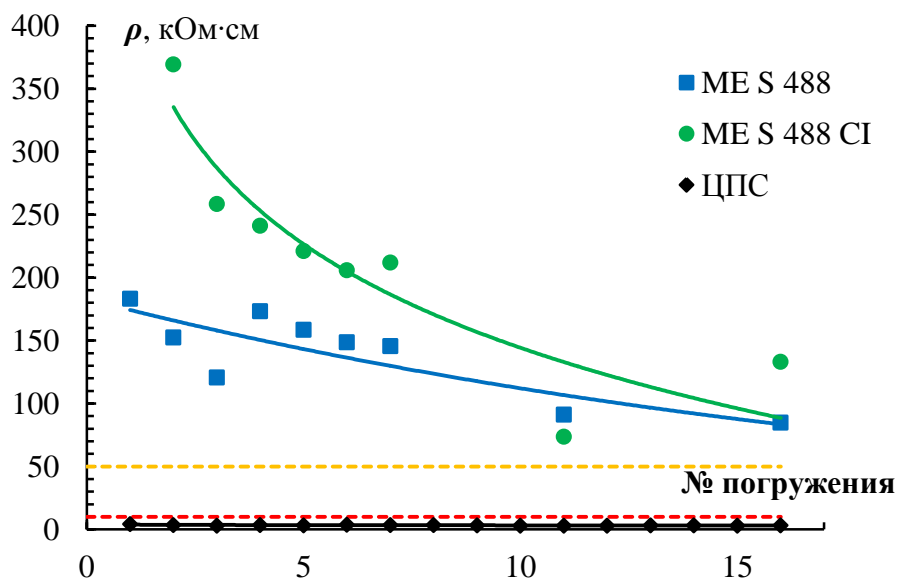


Рис. 2. Изменение удельного электрического сопротивления бетона на основе ЦПС (Δ), MasterEmaco S 488 (\square) и MasterEmaco S 488 CI (\circ). Желтая пунктирная линия – умеренный риск коррозии, красная – высокий риск коррозии.

Для бетона на основе ЦПС по критерию скорости коррозии арматуры, оцененная по методу поляризационного сопротивления (рис. 3), наблюдается переход в область интенсивной коррозии после первого погружения в хлоридный раствор (плотность тока коррозии $1,0 \text{ мкА}\cdot\text{см}^{-2}$ и более). К 16 циклу имеет место монотонное увеличение i_{cor} до $9,6 \text{ мкА}\cdot\text{см}^{-2}$. Для образцов на основе MasterEmaco без трещин на протяжении всего эксперимента значения скорости коррозии соответствуют пассивному состоянию. Для бетонов на основе MasterEmaco с трещиной получен переход к коррозии после 6 цикла увлажнения. Абсолютные значения i_{cor} не превышают $0,23 \text{ мкА}\cdot\text{см}^{-2}$ к 16 циклу. При сопоставлении модификаций S 488 и S 488 CI получено снижение скорости коррозии для состава с ингибитором до 2 раз при отсутствии трещины и до 1,5 раз для арматур с трещиной.

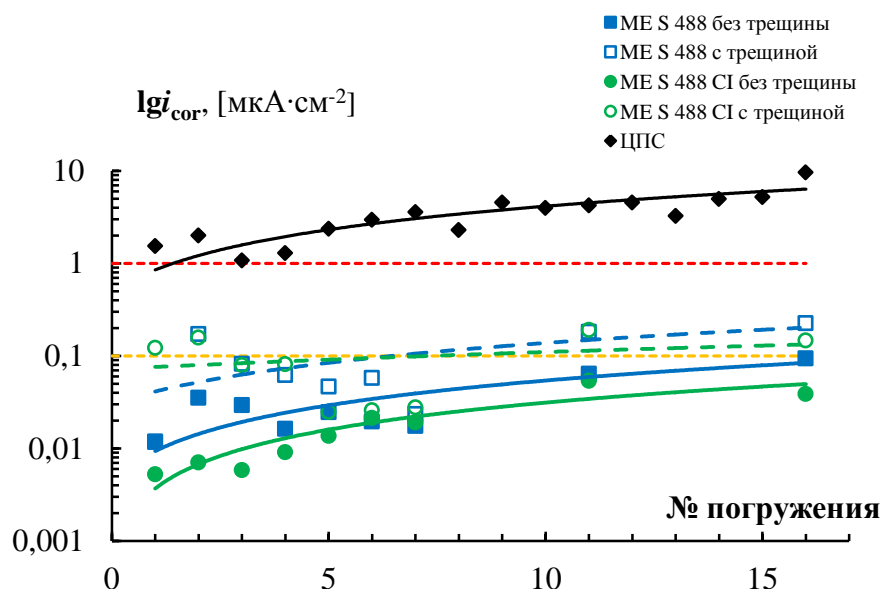


Рис. 3. Изменение скорости коррозии стальной арматуры, рассчитанной по методу поляризационного сопротивления, в бетоне на основе ЦПС (Δ), MasterEmaco S 488 (\square) и MasterEmaco S 488 CI (\circ). Желтая пунктирная линия – граница между пассивным состоянием и коррозией арматуры, красная – соответствует высокой скорости коррозии.

Плотность тока на биметаллическом пакетном датчике (i_{sensor}) для бетона на основе ЦПС превышает пороговое значение после первого погружения в хлоридный раствор (рис. 4) с последующим периодическим изменением в диапазоне от 36 до 200 мкА·см⁻². Для бетонов на основе MasterEmaco S 488 также получено превышение порогового значения $i_{\text{sensor}} = 15$ мкА·см⁻² с монотонным ростом до 25 мкА·см⁻² к 16 циклу увлажнения. Для бетонов на основе MasterEmaco S 488 CI только к 16 циклу увлажнения получено незначительное превышение порогового значения.

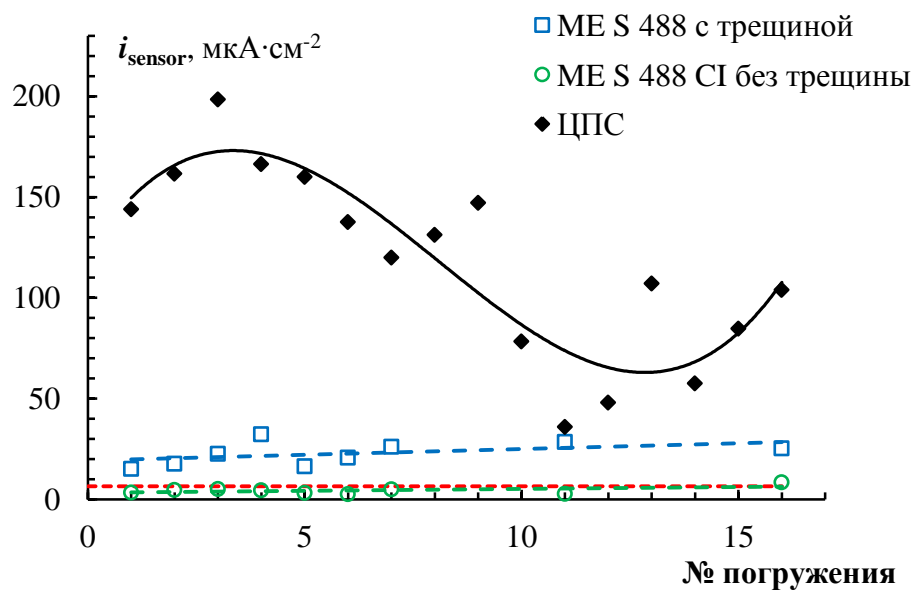


Рис. 4. Изменение плотности тока на биметаллическом пакетном датчике в бетоне на основе ЦПС (Δ), MasterEmaco S 488 (\square) и MasterEmaco S 488 CI (\circ). Красная пунктирная линия – граница между пассивным состоянием и коррозией.

Выводы:

1. Бетоны на основе MasterEmaco S 488 и MasterEmaco S 488 CI, изготовленные без дефектов (трещин), имеют значительно более высокие защитные свойства по отношению к стальной арматуре относительно бетона на основе ЦПС в условиях периодического действия хлоридов при оценке качественными методами – измерения удельного электрического сопротивления бетона и потенциала свободной коррозии – не менее 16 раз. По количественному критерию – скорости коррозии арматуры по методу поляризационного сопротивления – различие достигает 100-200 раз.

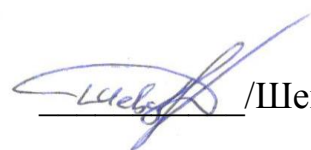
2. Бетоны на основе MasterEmaco S 488 и MasterEmaco S 488 CI при наличии трещины шириной раскрытия 0,5-0,7 мм имеют более высокие защитные свойства по отношению к стальной арматуре относительно бетона на основе ЦПС в условиях периодического действия хлоридов при оценке качественными методами – измерения удельного электрического сопротивления бетона и потенциала свободной коррозии – не менее 16 раз. По критерию скорости коррозии арматуры (метод поляризационного сопротивления) различие достигает 40-60 раз, по критерию тока на биметаллическом пакетном датчике – до 9 и 20 раз соответственно.

3. При сравнении бетонов на основе MasterEmaco S 488 и MasterEmaco S 488 CI имеет место более высокое защитное действие для ингибированного состава как по качественным критериям, так и по количественным. Различие в скорости коррозии арматуры без трещины достигает 2х раз, при наличии трещины – 1,5 раза; по критерию плотности тока на биметаллическом пакетном датчике – 2,5-3 раза.

В настоящее время испытания продолжаются, вышеприведенные результаты носят предварительный характер.

Испытания провел:

Специалист ООО «Институт Коррозии»

 /Шевцов Д.С.

Протокол согласован:

Генеральный директор ООО «НПП «ЗСК»

д.х.н, проф.

 /Зарцын И.Д.