



Москва, 2010 г.

Отпечатано в типографии «Маленькая городская типография».

Тираж — 1000 шт.



**ОАО «НИЦ «СТРОИТЕЛЬСТВО»
ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ,
ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСКИЙ
И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
БЕТОНА И ЖЕЛЕЗОБЕТОНА
имени А. А. ГВОЗДЕВА
(НИИЖБ им. А. А. Гвоздева)**

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ
ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ ЗАЩИТНЫХ СОСТАВОВ «МАПЕИ»
ПО ОСНОВНЫМ ПОКАЗАТЕЛЯМ КАЧЕСТВА
НА БЕТОНЕ И АРМАТУРНОЙ СТАЛИ

**ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ, ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСКИЙ
И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ БЕТОНА И ЖЕЛЕЗОБЕТОНА
имени А.А. ГВОЗДЕВА
ОАО «НИЦ «СТРОИТЕЛЬСТВО»**

Институт НИИЖБ имени А.А. ГВОЗДЕВА



НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По теме: «Проведение испытаний защитных составов МАПЕИ по основным показателям качества на бетоне и арматурной стали, выдача научно-технического заключения и разработка рекомендаций».

Договор № 115/13-18-09/ЖБ от 30 декабря 2009 г.

Доп. соглашение №1 от 22 апреля 2010 г.

Зав. лабораторией коррозии и долговечности
бетонных и железобетонных конструкций,
проф., д.т.н.

Степанова В. Ф.

Ответственные исполнители:
Ст. научный сотрудник

Научный сотрудник

Научный сотрудник

Научный сотрудник

Соколова С. Е.

Полушкин А. Л.

Зими́на Т. Л.

Харитонова Л. П.

Москва 2010 г.

**ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ, ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСКИЙ
И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ БЕТОНА И ЖЕЛЕЗОБЕТОНА
имени А. А. ГВОЗДЕВА
ОАО «НИЦ «СТРОИТЕЛЬСТВО»**

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

**ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ
ЗАЩИТНЫХ СОСТАВОВ «МАПЕИ»
ПО ОСНОВНЫМ ПОКАЗАТЕЛЯМ КАЧЕСТВА
НА БЕТОНЕ И АРМАТУРНОЙ СТАЛИ.
ВЫДАЧА НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАКЛЮЧЕНИЯ
И РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ.**

Москва 2010 г.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Проведение испытаний системы покрытия Mapelastic по показателям качества на бетоне по сравнению с бетоном без защиты	
1.1. Характеристика материалов и образцов, представленных на испытания	3
1.2. Определение основных показателей качества системы покрытия Mapelastic на бетоне	6
1.2.1. Определение водонепроницаемости	6
1.2.2. Определение морозостойкости	7
1.2.3. Определение водопоглощения	10
1.2.4. Определение прочности сцепления (адгезии) с бетоном	11
1.2.5. Определение трещиностойкости	12
1.3. Выводы	15
2. Проведение коррозионных испытаний арматурной стали с защитным покрытием Marefer 1K в бетоне	
2.1. Определение защитного действия покрытия Marefer 1K по отношению к стальной арматуре в различных агрессивных средах	17
2.2. Определение защитного действия покрытия Marefer 1K по отношению к стальной арматуре в бетоне	18
2.3. Выводы	24



1. ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ СИСТЕМЫ ПОКРЫТИЯ MAPELASTIC ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ КАЧЕСТВА НА БЕТОНЕ ПО СРАВНЕНИЮ С БЕТОНОМ БЕЗ ЗАЩИТЫ

1.1. Характеристика материалов и образцов, представленных на испытания

Для проведения испытаний на бетоне в лаборатории коррозии и долговечности бетонных и железобетонных конструкций НИИЖБ Заказчиком была выбрана система покрытия на основе состава **Mapelastic**.

Mapelastic — двухкомпонентный состав, основанный на цементных вяжущих, мелкозернистых отборных заполнителях, специальных добавках и синтетических полимерах в водной дисперсии, замешенных в соответствии с рецептурой, разработанной в исследовательских лабораториях компании МАПЕИ. После смешения двух компонентов состав превращается в однородную смесь.

Основные технические характеристики компонентов состава **Mapelastic** в соответствии с техническим описанием, приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1.

№	Наименование показателя	Значения	
		Компонент А	Компонент В
1.	Консистенция	порошок	жидкость
2.	Цвет	серый	белый
3.	Плотность, г/см ³	1,4	1,1
4.	Твердый сухой остаток, %	100	50
5.	Хранение	12 месяцев	24 месяца

Материалы **Mapelastic А** выпускаются серийно по ТУ 5745-005-70452241-2007 на заводе ЗАО «Мапей» г.Ступино Московской области, имеют паспорта качества и гигиенические сертификаты. Представленный на испытания материал **Mapelastic А** изготовлен 15.02.2010г. партия № 2000.

Для проведения испытаний системы покрытия **Mapelastic** на бетоне, исполнителем были изготовлены контрольные образцы, а также образцы бетона, предназначенные для нанесения состава.

Расход материалов на 1 куб. м бетона:

- Цемент — 360 кг;
- Песок — 800 кг;
- Щебень — 1120 кг;
- Вода — 180 л.

Класс бетона по прочности В22,5.

Для проведения испытаний использованы следующие виды образцов:

1. бетонные образцы-кубы размером 7х7х7 см для испытаний на морозостойкость и водопоглощение.
2. бетонные образцы-цилиндры диаметром 15 см и высотой 5 см, для испытаний на водонепроницаемость.
3. бетонные образцы-кубы размером 10х10х10 см для испытаний на адгезию.
4. цементно-песчаные образцы-плитки размером 14,5х9,5х2,5 см с клинообразной выемкой для определения трещиностойкости.

После изготовления бетонные образцы были выдержаны в камере естественного твердения при температуре 20±5°С и относительной влажности воздуха 80% в течение 28 суток, затем переданы Заказчику для нанесения состава.

Приготовление рабочего состава (компонент **Mapelastіc A** затворяется латексным компонентом **Mapelastіc B**) и нанесение системы покрытия на основе состава **Mapelastіc** осуществляли представители Заказчика в ЗАО «Мапеи» в соответствии с требованиями технической документации.

Основные технические характеристики рабочего состава **Mapelastіc** приведены в таблице 1.2.

Таблица 1.2.

№	Наименование показателя	Значения
1.	Цвет смеси	Серый
2.	Соотношение смешивания	Компонент А : Компонент В = 3 : 1
3.	Консистенция	Пластичная, обрабатываемая шпателем
4.	Вязкость по Брукфилду, Па*s	90,3
5.	Плотность, г/см ³	1,723
6.	Температура применения, °С	от + 8°С до + 35°С
7.	Время жизни, мин	60
8.	Расход материала, кг/м ²	3,5

Подготовка поверхности образцов перед нанесением состава заключалась в ручной обработке рабочей поверхности бетонных образцов абразивным камнем с последующим обеспыливанием сжатым воздухом. Нанесение состава осуществляли шпателем в один слой при температуре воздуха 23±1°С и относительной влажности 52±2%. Толщина системы покрытия составляла 2 мм.

Образцы с нанесенным покрытием выдерживали до испытаний в помещении с температурой воздуха 23±1°С и относительной влажности 52±2% в течении 28 суток.

В соответствии календарным планом договора (этап 1) проведены испытания системы защитного покрытия **Mapelastіc** на бетоне по следующим показателям:

- определение водонепроницаемости бетона с покрытием при прямом и обратном давлении воды, по сравнению с контрольными образцами;
- определение морозостойкости бетона с покрытием по сравнению с контрольными образцами;
- определение водопоглощения бетона с покрытием по сравнению с контрольными образцами;
- определение прочности сцепления (адгезии) покрытий с бетоном;
- определение трещиностойкости покрытия на бетоне.

1.2. Определение основных показателей качества системы покрытия Mapelastic на бетоне.

1.2.1. Определение водонепроницаемости

Определение водонепроницаемости бетонных образцов-цилиндров с системой покрытия на основе состава **Mapelastic** и бетонных образцов без защиты (контрольные образцы) проводили в соответствии с требованиями ГОСТ 31383-2008 «Защита бетонных и железобетонных конструкций от коррозии. Методы испытаний». Испытания проведены на специальной шестигнездной установке (рис. 1.1), обеспечивающей возможность подачи воды к нижней торцевой поверхности образцов-цилиндров и наблюдение за верхней торцевой поверхностью бетона.

Давление поднимали ступенями по 0,2 МПа, начиная с 0,2 МПа до 1,8 МПа и выдерживали на каждой ступени в течение 6 часов (при толщине образцов 5 см). Испытания продолжали до появления признаков фильтрации воды в виде капель или мокрого пятна на верхней торцевой поверхности. Водонепроницаемость серии образцов оценивают максимальным давлением воды, при котором на четырех из шести образцов не наблюдается признаков фильтрации воды.

Для бетонных образцов с системой покрытия **Mapelastic** испытания проводили при прямом (со стороны покрытия) и обратном (со стороны торца образца, необработанного покрытием) давлении воды.

Схема испытаний образцов бетона с покрытием приведена на рис.1.2.

Результаты испытаний на водонепроницаемость представлены в таблице 1.3.



Рис. 1.1. Установка для испытаний образцов на водонепроницаемость.

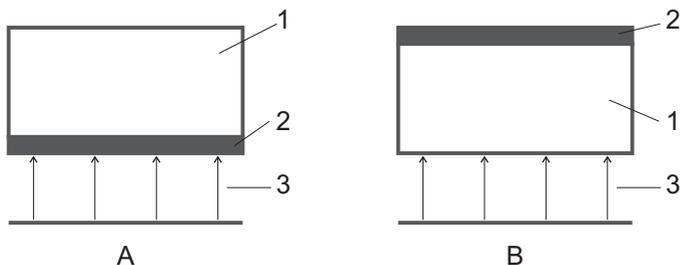


Рис. 1.2. Схема испытаний образцов бетона с покрытием **Mapelastic**.

А — прямое давление воды; Б — обратное давление воды.

Таблица 1.3.

Определение водонепроницаемости по ГОСТ 31383-2008 (метод «мокрого пятна»)

Маркировка образцов	Вид материала	Направление давления	Результат по серии образцов
Серия 1	Бетон с покрытием	прямое	Не менее W16*
Серия 2	Бетон с покрытием	обратное	W8
Серия 3	Контрольные образцы бетона	прямое	W4

*Примечание: * Проведение испытаний ограничено техническими характеристиками установки.*

Результаты испытаний показали, что нанесение на бетон системы покрытия **Mapelastic** позволяет увеличить марку бетона по водонепроницаемости при прямом давлении воды на 6 ступеней (с W4 до не менее W16), при обратном давлении воды на 2 ступени (с W4 до W8), по сравнению с бетоном без защиты.

1.2.2. Определение морозостойкости

Определение морозостойкости бетонных образцов с системой покрытия **Mapelastic** и бетонных образцов без защиты (контрольные образцы) проводили в соответствии с требованиями ГОСТ 31383-2008 «Защита бетонных и железобетонных конструкций от коррозии. Методы испытаний». Морозостойкость определяли при многократном переменном замораживании-оттаивании в 5%-ном растворе хлорида натрия при температуре минус (50±5)°С. Оттаивание образцов происходило при температуре плюс (18±2)°С.

Условное соотношение между числом циклов испытаний ускоренным методом, основанным на замораживании-оттаивании образцов в растворе соли, и морозостойкостью покрытия на бетоне принимали по таблице 1.4.

Таблица 1.4.

Число циклов замораживания-оттаивания (морозостойкость) покрытий на бетоне	200	300	400	500	600	700
Число циклов испытаний	5	10	15	20	25	30

Морозостойкость покрытия на бетоне оценивали числом циклов замораживания — оттаивания, при котором в серии из шести образцов на четырех не наблюдалось разрушений покрытия (по внешнему виду) и снижения величины адгезии к бетону более чем на 35% от исходной величины.

Результаты испытаний представлены в таблице 1.5.

Таблица 1.5.

Изменение внешнего вида и адгезии образцов в процессе испытания на морозостойкость

Наименование показателя	Вид образцов	Сроки испытаний образцов					
		5 циклов	10 циклов	15 циклов	20 циклов	25 циклов	30 циклов
Внешний вид	Бетон с покрытием	Без изменений	Без изменений	Без изменений	Без изменений	Без изменений	Отдельные пузыри на поверхности покрытия
	Контрольный бетон	Сильное шелушение поверхности бетона	Сильное поверхностное разрушение бетона на гранях, углах и ребрах	Сильное поверхностное разрушение бетона на гранях, скругленные ребер и углов	Практически полное разрушение образцов	—	—
Адгезия, МПа	Бетон с покрытием	1,8	1,8	1,6	1,6	1,4	1,1

Внешний вид образцов после испытаний на морозостойкость представлен на рис. 1.3.А и 1.3.Б.

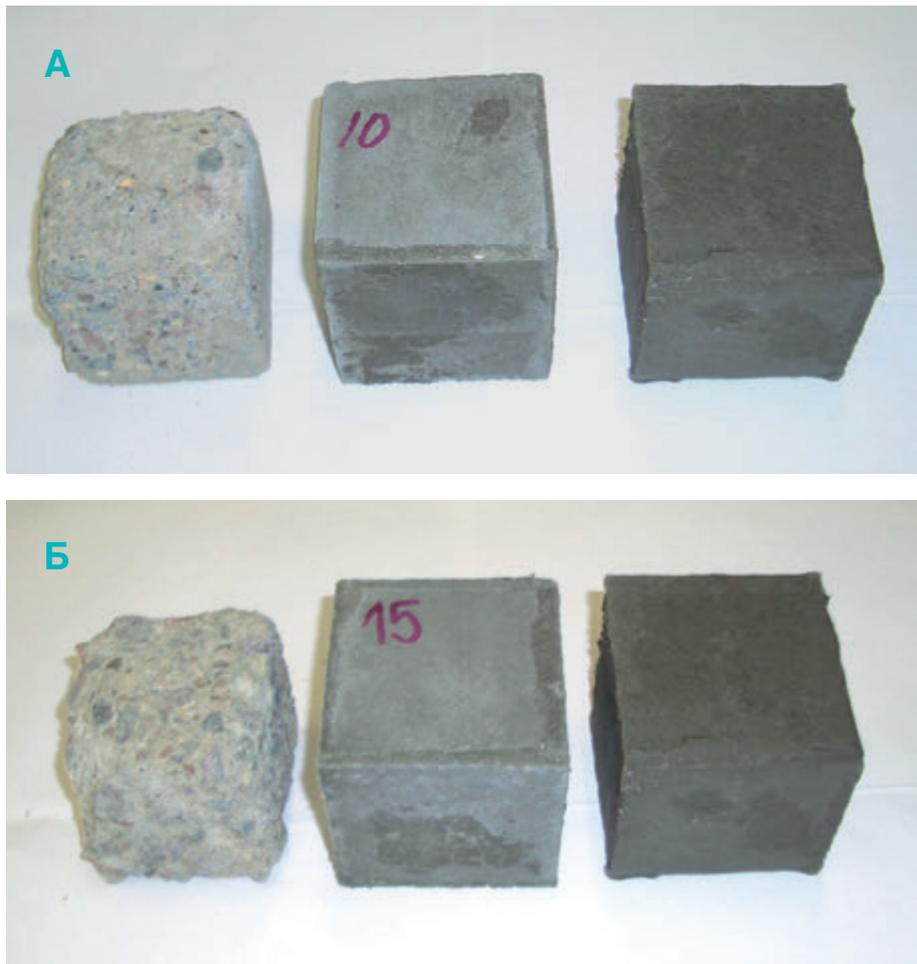


Рис. 1.2. Внешний вид образцов после испытаний на морозостойкость.

А — после 10 циклов, Б — после 15 циклов.

Слева направо:

- контрольный образец бетона без покрытия,
- образец бетона с покрытием,
- контрольный образец бетона с покрытием.

Результаты испытаний на морозостойкость показали, что:

- бетон без защиты соответствует марке по морозостойкости F200.
- образцы бетона с системой покрытия **Mapelastic** выдержали без изменений внешнего вида и адгезии 600 циклов замораживания-оттаивания.

1.2.3. Определение водопоглощения

Водопоглощение бетонных образцов с системой покрытия **Mapelastic** и контрольных образцов определяли по ГОСТ 12730.3-78 «Бетоны. Метод определения водопоглощения». Образцы насыщали водой при полном погружении до постоянной массы.

Водопоглощение (W_H) определяли по формуле:

$$W_H = \frac{m_H - m_O}{m_O}, \%$$

где m_H — масса водонасыщенного образца, г;

m_O — масса образца до погружения в воду, г.

Результаты испытаний представлены в таблице 1.6.

Таблица 1.6.

Вид образцов	№ образца	Масса начальная, m_O , г	Масса конечная, m_H , г	Δm , г	W, %	Wср, %
образцы с покрытием Mapelastic	П1	954,8	965,0	10,2	1,1	1,1
	П2	951,3	962,0	10,7	1,1	
	П3	978,9	988,2	9,3	1,0	
	П4	963,3	972,8	9,5	1,0	
	П5	950,3	962,7	12,4	1,3	
контрольные образцы	К1	809,3	840,9	31,6	3,9	4,1
	К2	799,4	832,5	33,1	4,1	
	К3	752,8	783,8	31,5	4,2	
	К4	823,7	857,3	33,6	4,1	
	К5	817,1	849,7	32,6	4,0	

В соответствии с результатами испытаний значение величины водопоглощения бетонных образцов с системой покрытия **Mapelastic** составило 1,1 % по массе, контрольных образцов бетона (без покрытия) — 4,1 %.

1.2.4. Определение прочности сцепления (адгезии) с бетоном.

Определение прочности сцепления системы покрытия **Mapelastic** с бетоном проводили в соответствии с ГОСТ 28574-90 «Защита от коррозии в строительстве. Конструкции бетонные и железобетонные. Методы испытаний адгезии защитных покрытий». Для определения количественной величины адгезии состава к бетону использовали метод нормального отрыва, заключающийся в измерении силы отрыва покрытия от защищаемой поверхности при помощи приклеенного к покрытию металлического штампа и динамометра. В качестве динамометра использовали прибор — измеритель прочности сцепления (адгезии) облицовочных и защитных покрытий ПСО-10МГ4, зав. № 256.

Величину адгезии (R) материала вычисляли по формуле:

$$R = \frac{F}{A}, \text{ МПа}$$

где F — значение силы, при которой произошел отрыв, Н;

A — площадь отрыва, м².

Общий вид прибора ПСО-10МГ4 приведен на рис. 1.4, внешний вид образцов до и после испытаний на адгезию представлен на рис. 1.5.

Результаты определения адгезии покрытия на основе состава **Mapelastic** к бетонной поверхности показали что система покрытия обладает высокими адгезионными свойствами. Величина адгезии системы покрытия к бетону составляет не менее 1,8 МПа (при этом характер разрыва когезионный).



Рис. 1.4. Измеритель прочности сцепления (адгезии) PCSO-10MG4.

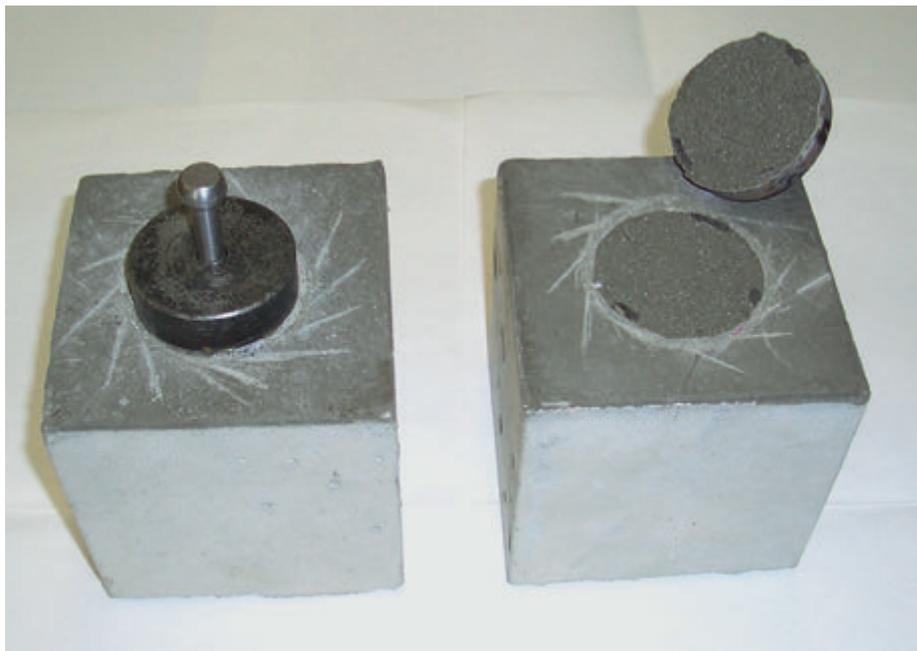


Рис. 1.5. Внешний вид образцов бетона с покрытием **Mapelastic** до и после испытаний на адгезию.

1.2.5. Определение трещиностойкости покрытия

Для определения трещиностойкости покрытия **Mapelastic** на бетоне использовали методику в соответствии с ГОСТ 31383-2008 «Защита бетонных и железобетонных конструкций от коррозии. Методы испытаний», наиболее близко моделирующую условия образования трещин под покрытием в железобетонной конструкции, при котором покрытие сначала наносят на бетонный образец, а затем при растяжении образца в бетоне, под покрытием, образуются трещины. Испытания проводили на приборе, разработанном в лаборатории коррозии НИИЖБ.

С момента образования трещины в бетоне образца за ней вели наблюдение с помощью прибора МПБ-2. За показатель трещиностойкости принимали ширину раскрытия трещины в бетоне предшествующую той, при которой было замечено образование первого дефекта в покрытии над трещиной.

Показатель трещиностойкости покрытия на бетоне определяли по результатам испытания трех образцов-близнецов. За результат испытаний принимали среднюю величину из минимальных значений раскрытия трещин, измеренных на каждом из испытуемых образцов.

Внешний вид образцов бетона с системой покрытия **Mapelastic** для испытаний на трещиностойкость представлен на рис. 1.6, общий вид прибора приведен на рис. 1.7.

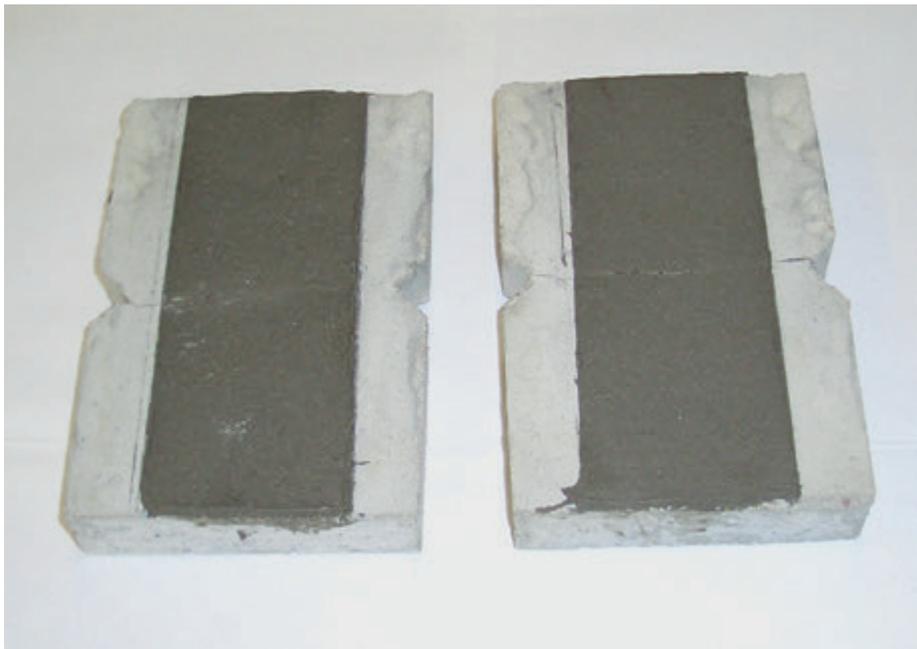


Рис. 1.6. Внешний вид образцов бетона с покрытием для испытаний на трещиностойкость.

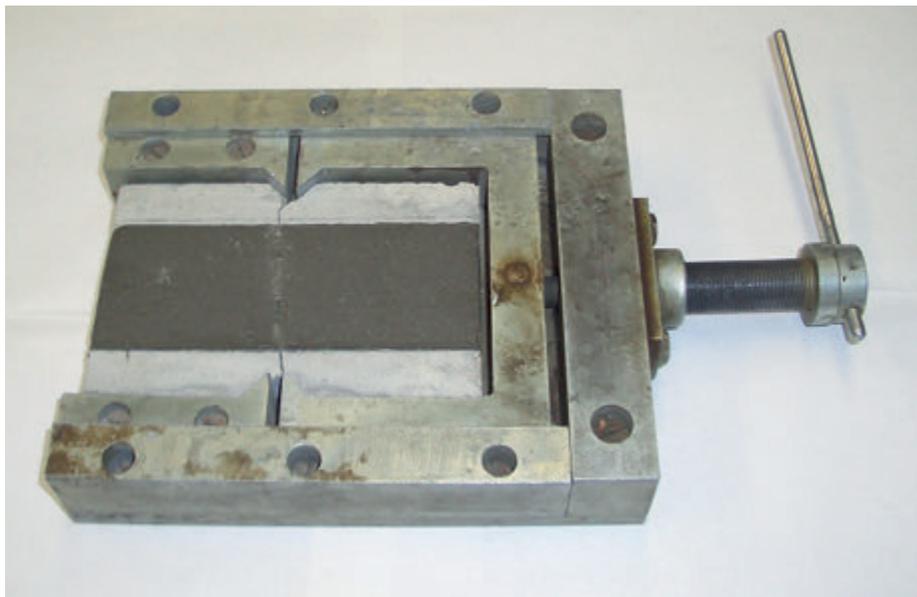


Рис. 1.7. Общий вид прибора для определения трещиностойкости покрытия.

Результаты испытаний показали, что представленная система покрытий является трещиностойкой и выдерживает без разрушения ширину раскрытия трещин в бетоне до 0,6 мм.

1.3. Выводы

Результаты испытаний системы защитного покрытия **Mapelastic** на бетоне по основным показателям качества, по сравнению с бетоном без защиты, приведенные в обобщенной таблице 1.7, позволяют сделать следующие выводы.

1. Система покрытия **Mapelastic** обладает высокими эксплуатационными свойствами:

- увеличивает марку бетона по водонепроницаемости при прямом давлении воды не менее, чем на 6 ступеней (с W4 до не менее W16), при обратном давлении воды на 2 ступени (с W4 до W8), по сравнению с бетоном без защиты;
- повышает морозостойкость и морозосолеустойкость бетона в 3 раза (с 200 до 600 циклов);
- снижает величину водопоглощения бетона в 4 раза;
- обладает высокой адгезионной прочностью сцепления с бетонной поверхностью (не менее 1,8 МПа, характер разрыва когезионный);

2. Система защитного покрытия **Mapelastic** может быть рекомендована для антикоррозионной защиты бетонных и железобетонных конструкций, эксплуатирующихся в условиях воздействия средне- и сильноагрессивных природных и техногенных сред (в соответствии со СНиП 2.03.11-85, МГСН 2.08-01, МГСН 2.09-03, ГОСТ 31384-2008), для гидроизоляции зданий и подземных сооружений во всех видах промышленного и гражданского строительства, при выполнении как внутренних, так и наружных работ.

Система покрытия **Mapelastic** является трещиностойкой и может применяться для гидроизоляции и защиты железобетонных конструкций, допускающих образование и раскрытие трещин в процессе эксплуатации до 0,6 мм.

Таблица 1.7.
Результаты испытаний системы покрытия Mapelastic по показателям качества на бетоне по сравнению с бетоном без защиты

№	Наименование показателя, единица измерения	Обозначение НТД на испытание	Результаты испытаний	
			Бетон с покрытием Mapelastic	Бетон без защиты
1	Водонепроницаемость, МПа: — прямое давление — обратное давление	ГОСТ 31383-2008	W 16 W 8	W 4 W 4
2	Морозостойкость, циклы	ГОСТ 31383-2008	600	200
3	Водопоглощение, %	ГОСТ 12730.3-78	1,1	4,1
4	Прочность сцепления с бетоном, МПа	ГОСТ 28574-90	не менее 1,8 (характер разрыва когезионный)	—
6	Трещиностойкость, мм	ГОСТ 31383-2008	0,6	—



2. ПРОВЕДЕНИЕ КОРРОЗИОННЫХ ИСПЫТАНИЙ АРМАТУРНОЙ СТАЛИ С ЗАЩИТНЫМ ПОКРЫТИЕМ МАРЕФЕР 1К В БЕТОНЕ

2.1. Определение защитного действия покрытия Марефер 1К по отношению к стальной арматуре в различных агрессивных средах

С целью оценки механизма защитного действия покрытия по отношению к арматуре проводили на основе результатов электрохимических испытаний и омического сопротивления стали при воздействии на них различных сред: 5%-ного раствора NaCl, насыщенного раствора $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (ускоренная методика НИИЖБ).

Изолирующие свойства покрытия оценивали по изменению сопротивления покрытия при погружении образцов с покрытием в насыщенный раствор CuSO_4 .

Для проведения испытаний были подготовлены образцы стальной арматуры длиной 120 мм, диаметром 6 мм, очищенные механическим способом от загрязнений, масляных пятен, продуктов коррозии.

Покрытие **Mapefer 1K** было нанесено Заказчиком на арматурные стержни кистью в два слоя. Подготовленные образцы помещали в указанные выше растворы с последующим контролем оценки свойств покрытия через 1, 6 и 12 суток. Визуальный осмотр образцов с покрытием **Mapefer 1K**, извлеченных из раствора CuSO_4 показал, что покрытие не обладает изолирующими свойствами т.к. на поверхности покрытия после испытания появились медные точки.

Электрохимические испытания по изменению омического сопротивления покрытия в насыщенном растворе $\text{Ca}(\text{OH})_2$ составило 9,21-10,8 Ом, а в 5%-ном растворе NaCl — 1,1-1,21 Ом, тогда как изолирующее должно иметь сопротивление не менее 103 Ом.

Величина стационарного потенциала стали составила: — в насыщенном растворе $\text{Ca}(\text{OH})_2$ — (-320 ÷ -350) mV; — в 5%-ном растворе NaCl — (-385 ÷ -405) mV, что говорит о пассивирующем действии покрытия по отношению к арматуре.

На поверхности стальных стержней с покрытием **Mapefer 1K**, извлеченных из раствора NaCl коррозионных поражений не обнаружено. Под покрытием арматура оставалась чистой в течение всего периода испытаний.

2.2. Определение защитного действия покрытия Mapefer 1K по отношению к стальной арматуре в бетоне

Определение защитного действия покрытия по отношению к стальной арматуре проводили по ГОСТ Р 52804-2007 «Защита бетонных и железобетонных конструкций от коррозии. Методы испытаний».

Для проведения испытаний были изготовлены бетонные образцы размером 7x7x14 см, центрально армированные стальными стержнями диаметром 6 мм и длиной 120 мм (подготовленными, как указано выше) с нанесенным на них покрытием **Mapefer 1K**.

Подготовленные арматурные стержни с нанесенным покрытием были заформованы в бетон двух серий:

- чистый бетон без каких-либо добавок;
- бетон, содержащий в своем составе агрессивную по отношению к стали добавку CaCl_2 в количестве 4% от массы цемента.

Параллельно были изготовлены бетонные образцы с арматурой без покрытия.

Испытания бетонных образцов проводили в агрессивных по отношению к стальной арматуре средах, а именно в среде переменного увлажнения в воде и высушивания и в среде переменного увлажнения в 5%-ном растворе NaCl и последующего высушивания по специально подобранному режиму. Электрохимические испытания проводили после 3-х месяцев испытаний в указанных выше условиях путем снятия анодных поляризационных кривых с использованием потенциостата.

Перед снятием анодных поляризационных кривых бетонные образцы насыщали водой под вакуумом. Затем торец образца скалывали, обнажая стальной стержень на 1-2 см. Место выхода арматуры из бетона изолировали и помещали образец в электрохимическую ячейку (рис 2.1). С помощью потенциостата в автоматическом режиме поляризовали сталь в бетоне, измеряя величину силы тока через каждые 50-100 мV изменения потенциала, и по полученным данным строили анодную поляризационную кривую.

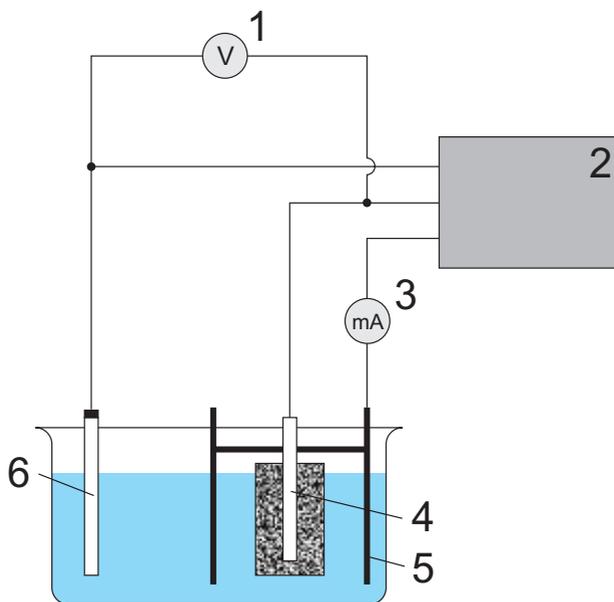


Рис. 2.1. Схема установки для ускоренных электрохимических испытаний стали в бетоне:

- 1 — высокоомный вольтметр;
- 2 — потенциостат;
- 3 — миллиамперметр;
- 4 — образец;
- 5 — вспомогательный электрод;
- 6 — электрод сравнения.

Коррозионное состояние арматурной стали в бетонных образцах оценивали по плотности тока в соответствии с ГОСТ Р 52804 (таблица 2.1).

Таблица 2.1

Плотность тока при потенциале +300 мV (насыщенный каломельный электрод), мкА/см ²	Коррозионное состояние арматурной стали
до 10	сталь пассивна
от 10 до 25	неустойчиво-пассивное состояние
свыше 25	интенсивная коррозия стали

Результаты испытаний приведены в таблице 2.2 и на рисунках 2.2 и 2.3.

Электрохимические испытания (рис. 2.3) показали, что стальная арматура с покрытием **Mapofer 1K** после 3-х месяцев хранения бетона в режиме переменного увлажнения водой и раствором NaCl и последующего высушивания находится в пассивном состоянии. При снятии анодных поляризационных кривых при потенциале +300 мV плотности тока не превышали 10 мкА/см². Пассивное состояние арматуры под покрытием сохранялось и при введении в бетон CaCl₂.

Визуальный осмотр арматурных стержней, извлеченных из бетона и очищенных от покрытия, подтвердил результаты электрохимических испытаний — металл под покрытием не имеет коррозионных поражений.

Электрохимические испытания незащищенной арматуры в бетоне после 3-х месяцев хранения бетона в том же режиме, как указано выше, показал, что при увлажнении бетона раствором NaCl стальная арматура находится в активном состоянии, идет интенсивное развитие коррозии металла. Плотность тока при потенциале +300 мV превышает допускаемые ГОСТом 52804 значения (рис. 2.2; таблица 2.2).

Визуальный осмотр подтверждает полученные результаты электрохимических испытаний, — сталь имеет коррозионные поражения аналогичные полученным при введении в состав бетона хлористого кальция

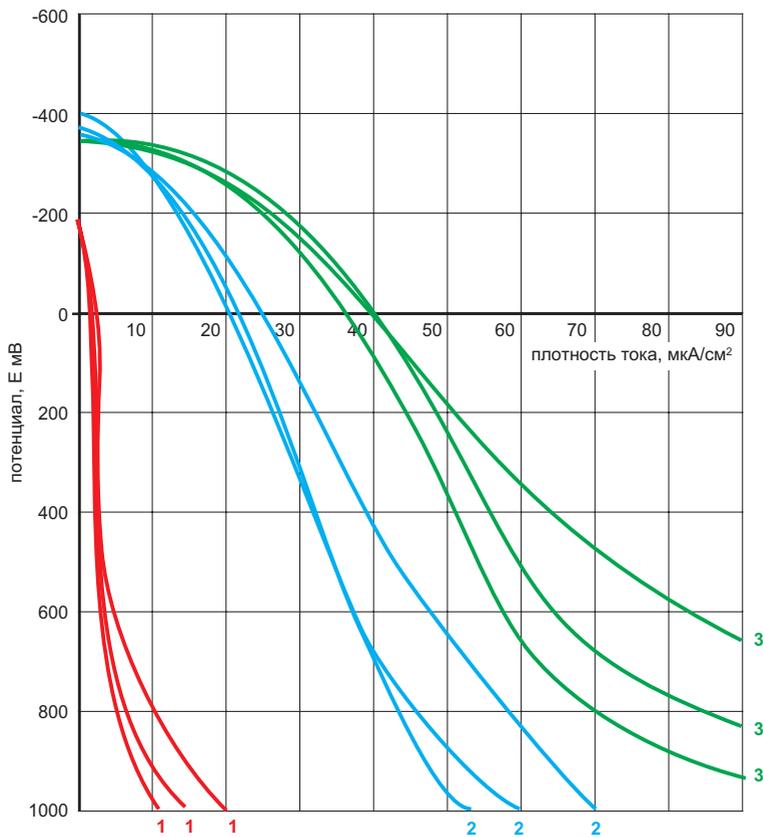


Рис. 2.2. Анодные поляризационные кривые стали без покрытия после 3-х месяцев испытаний в режиме:

- 1 — переменное увлажнение водой и высушивание;
- 2 — переменное увлажнение 5%-ным раствором NaCl и высушивание;
- 3 — переменное увлажнение водой и высушивание в бетоне с хлоридами (CaCl_2).

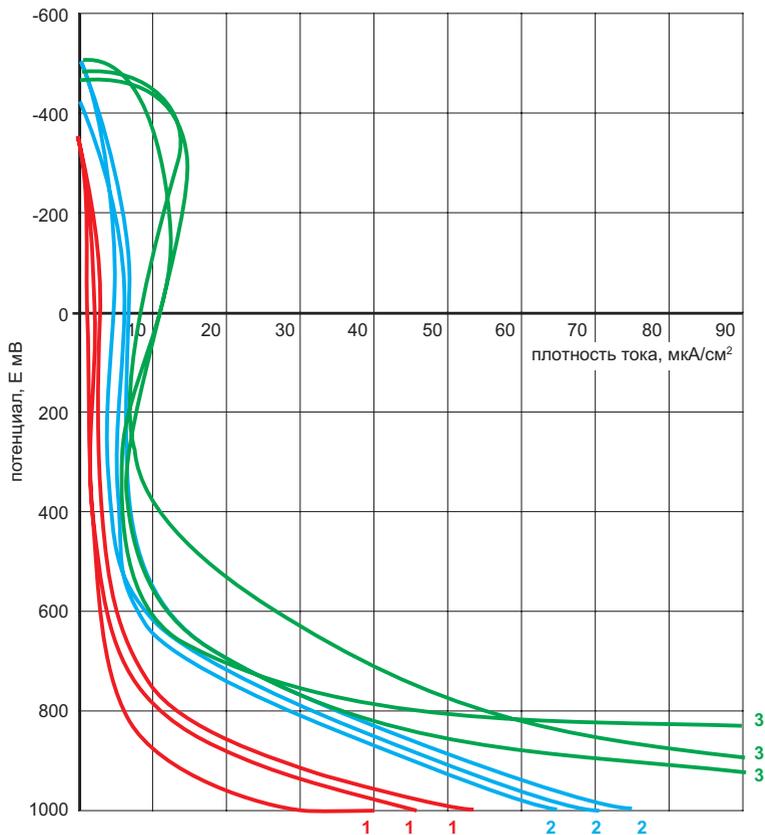


Рис. 2.2. Анодные поляризационные кривые стали с покрытием **Mapefer 1K** после 3-х месяцев испытаний в режиме:

- 1 — переменное увлажнение водой и высушивание;
- 2 — переменное увлажнение 5%-ным раствором NaCl и высушивание;
- 3 — переменное увлажнение водой и высушивание в бетоне с хлоридами (CaCl_2).

Таблица 1.7.

Результаты испытаний системы покрытия Mapelastic по показателям качества на бетоне по сравнению с бетоном без защиты

Наименование покрытия арматуры	Плотность тока при потенциале +300mV, мкА/см ²			Внешний вид арматуры
	При переменном увлажнении водой и высушивании (I)	При переменном увлажнении раствором NaCl и высушивании (II)	При введении в состав бетона CaCl ₂ (III)	
Без покрытия	2,1 2,8 3,5	30,0 29,7 35,1	48,7 58,1 54,3	(I) — чистая, без признаков коррозионных поражений; (II), (III) — наличие коррозионных поражений в виде ржавчины
С покрытием Mapefer 1K	4,1 3,7 2,9	5,0 7,1 7,3	7,0 6,2 8,0	Покрытие без изменений, сталь под покрытием чистая

Таким образом, результаты проведенных испытаний показали, что однокомпонентный цементный состав для защиты арматуры от коррозии **Mapefer 1K** обладает защитным действием по отношению к арматуре, основанным на пассивирующих свойствах компонентов покрытия, в т.ч. и ингибиторов, входящих в его состав и может защищать арматуру железобетонных конструкций в агрессивной и средне агрессивной средах, в т.ч. и хлорсодержащей, в нормальных температурно влажностных условиях. Длительность защитного действия будет определяться проницаемостью бетона.

2.3. Выводы

1. Покрытие **Mapofer 1K** по арматуре обладает защитно-пассивирующим действием по отношению к стальной арматуре, что способствует обеспечению ее сохранности при эксплуатации конструкций в среде, характеризующейся повышенной влажностью и содержанием хлоридов.
2. Покрытие по арматуре **Mapofer 1K** может быть рекомендовано для защиты арматуры при ремонте железобетонных конструкций, предназначенных для эксплуатации в средне и слабо агрессивных средах.

