



ЭКСПЕРТНОЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ
MAPEI ДЛЯ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

СБОРНИК

1

**ЗАЩИТА
БЕТОННЫХ И
ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ
СООРУЖЕНИЙ**

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ
МАТЕРИАЛОВ MAPEI ДЛЯ
ЗАЩИТЫ БЕТОННЫХ
И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ
СООРУЖЕНИЙ
ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ



МИН строительство
научно-исследовательский центр

Заключение о
проведении испытаний:
**ОАО «НИЦ
«СТРОИТЕЛЬСТВО»**



Заключение о
проведении испытаний:
**НИИЖБ
им. А. А. Гвоздева**



Заключение о
проведении испытаний
на долговечность:
ОАО «НИИМосстрой»



ЗАЩИТА БЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ СООРУЖЕНИЙ МАТЕРИАЛАМИ МАРЕИ



ниц строительство
научно-исследовательский центр

Заключение о проведении испытаний:

ОАО «НИЦ «СТРОИТЕЛЬСТВО»



Заключение о проведении испытаний:

НИИЖБ им. А. А. Гвоздева



Заключение о проведении
испытаний на долговечность:

ОАО «НИИМосстрой»

СОДЕРЖАНИЕ

I. ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ ГИДРОИЗОЛЯЦИОННОГО СОСТАВА **MAPELASTIC** НА БЕТОННОЙ ПОВЕРХНОСТИ



1. Характеристика материалов и образцов, представленных на испытания	7
2. Проверка гидроизоляционного состава Mapelastic по основным показателям качества	10
— Определение водонепроницаемости	10
— Определение морозостойкости	11
— Определение водопоглощения	14
— Определение прочности сцепления (адгезии) с бетоном	15
— Определение трещиностойкости	17
3. Выводы	20

II. ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ ГИДРОИЗОЛЯЦИОННОГО СОСТАВА **IDROSILEX PRONTO** НА БЕТОННОЙ ПОВЕРХНОСТИ



1. Характеристика материалов и образцов, представленных на испытания	23
2. Проверка гидроизоляционного состава Idrosilex Pronto по основным показателям качества	26
2.1. Определение характеристик сухой смеси	26
2.2. Определение характеристик растворной и твердой смеси	27
— Определение вязкости по вискозиметру Брукфильда	27
— Определение средней плотности	28
— Определение предела прочности раствора на сжатие и растяжение при изгибе	29
2.3. Определение показателей качества готового покрытия	32
— Определение водонепроницаемости	32
— Определение водопоглощения	34
— Определение морозостойкости	35
— Определение прочности сцепления (адгезии) с бетоном	38
— Определение диффузионной проницаемости CO ₂	40
— Определение диффузионной проницаемости хлорид-ионов	46
3. Выводы	48

III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ О ПРОВЕДЕНИИ ИСПЫТАНИЙ СИСТЕМЫ **COLORITE BETON**



1. Характеристика материалов и образцов, представленных на испытания	53
2. Определение основных показателей качества системы покрытия на основе водно-дисперсионной краски Colorite Beton на бетоне	57
3. Выводы	76

IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ О ПРОВЕДЕНИИ ИСПЫТАНИЙ СИСТЕМЫ **ELASTOCOLOR PAINT**



1. Характеристика материалов и образцов, представленных на испытания	79
2. Определение основных показателей качества системы покрытия на основе водно-дисперсионной краски Elastocolor Paint на бетоне	83
3. Выводы	102

V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ О ПРОВЕДЕНИИ ИСПЫТАНИЙ СИСТЕМ **COLORITE BETON И ELASTOCOLOR PAINT** НА ДОЛГОВЕЧНОСТЬ



1. Характеристика материалов и образцов, представленных на испытания	105
2. Проведение испытаний и результаты	107
3. Выводы	111
4. Фотофиксация	112

VI. ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ ЗАЩИТНОГО СОСТАВА **MAREFER 1K** НА АРМАТУРНОЙ СТАЛИ В БЕТОНЕ



1. Определение защитного действия на стальную арматуру в различных агрессивных средах	115
2. Определение защитного действия на армированный бетон в различных агрессивных средах	116
3. Выводы	122



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

Соколова С. Е.

Научный сотрудник

Полушкин А. Л.

Научный сотрудник

Зими́на Т. Л.

Научный сотрудник

Харитоновна Л. П.

Москва 2010 г.



I. ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ ГИДРОИЗОЛЯЦИОННОГО СОСТАВА **MAPELASTIC** НА БЕТОННОЙ ПОВЕРХНОСТИ

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.

Таблица 1.

Наименование показателя	Значения	
	Компонент А	Компонент В
Консистенция	порошок	жидкость
Цвет	серый	белый
Плотность, г/см ³	1,4	1,1
Твердый сухой остаток, %	100	50
Хранение	12 месяцев	24 месяца

Материалы **Mapelastic А** выпускаются серийно по ТУ 5745-005-70452241-2007 на заводе ЗАО «Мапеи» 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°C и относительной влажности воздуха 80% в течение 28 суток, затем переданы Заказчику для нанесения состава.



Приготовление рабочего состава (компонент **Mapelastic А** затворяется латексным компонентом **Mapelastic В**) и нанесение системы покрытия на основе состава **Mapelastic** осуществляли представители Заказчика в ЗАО «МАПЕИ» в соответствии с требованиями технической документации.

Основные технические характеристики рабочего состава **Mapelastic** приведены в таблице 2.

Таблица 2.

Наименование показателя	Значения
Цвет смеси	Серый
Соотношение смешивания	Компонент А : Компонент В = 3 : 1
Консистенция	Пластичная, обрабатываемая шпателем
Вязкость по Брукфильду, Па·с	90,3
Плотность, г/см ³	1,723
Температура применения, °C	от + 8°C до + 35°C
Время жизни, мин	60
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°C 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°C и относительной влажности 52±2% в течение 28 суток.

В соответствии календарным планом договора (этап 1) проведены испытания системы защитного покрытия **Mapelastic** 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.



2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА СИСТЕМЫ ПОКРЫТИЯ MAPELASTIC НА БЕТОНЕ

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 (фото 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.

Результаты испытаний на водонепроницаемость представлены в таблице 3.



Фото 1. Установка для испытаний образцов на водонепроницаемость.

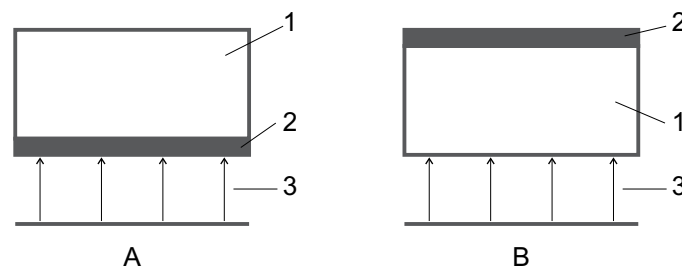


Рис. 1. Схема испытаний образцов бетона с покрытием Mapelastic.
А — прямое давление воды; Б — обратное давление воды.

Таблица 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.

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 $(50 \pm 5)^\circ\text{C}$. Оттаивание образцов происходило при температуре плюс $(18 \pm 2)^\circ\text{C}$.

Условное соотношение между числом циклов испытаний ускоренным методом, основанным на замораживании-оттаивании образцов в растворе соли, и морозостойкостью покрытия на бетоне принимали по таблице 4.



Таблица 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 5.

Таблица 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, скругление 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 фото 2А и 2Б.



Фото 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 **Mapelast** выдержали без изменений внешнего вида и адгезии 600 циклов замораживания-оттаивания.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОДОПОГЛОЩЕНИЯ

Водопоглощение бетонных образцов с системой покрытия **Mapelast** 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 6.

Таблица 6.

Вид образцов	№ образца	Масса начальная, m_O , г	Масса конечная, m_H , г	Δm , г	W, %	Wcp, %
образцы с покрытием Mapelast	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	K1	809,3	840,9	31,6	3,9	4,1
	K2	799,4	832,5	33,1	4,1	
	K3	752,8	783,8	31,5	4,2	
	K4	823,7	857,3	33,6	4,1	
	K5	817,1	849,7	32,6	4,0	

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

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТИ СЦЕПЛЕНИЯ (АДГЕЗИИ) С БЕТОНОМ

Определение прочности сцепления системы покрытия **Mapelast** 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 фото 3, внешний вид образцов до и после испытаний на адгезию представлен на фото 4.

Результаты определения адгезии покрытия на основе состава **Mapelast** 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).



Фото 3. Измеритель прочности сцепления (адгезии) PCS-10MG4.



Фото 4. Внешний вид образцов бетона с покрытием Mapelastic до и после испытаний на адгезию.

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 испытываемых образцов.



Внешний вид образцов бетона с системой покрытия **Mapelastic** для испытаний на трещиностойкость представлен на фото 5, общий вид прибора приведен на фото 6.



Фото 5. Внешний вид образцов бетона с покрытием для испытаний на трещиностойкость.



Фото 6. 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.



3. ВЫВОДЫ

Результаты испытаний системы защитного покрытия **Mapelastic** на бетоне по основным показателям качества, по сравнению с бетоном без защиты, приведенные в обобщенной таблице 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 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
Водонепроницаемость, МПа: - прямое давление - обратное давление	ГОСТ 31383-2008	W 16 W 8	W 4 W 4
Морозостойкость, циклы	ГОСТ 31383-2008	600	200
Водопоглощение, %	ГОСТ 12730.3-78	1,1	4,1
Прочность сцепления с бетоном, МПа	ГОСТ 28574-90	не менее 1,8 (характер разрыва когезионный)	—
Трещиностойкость, мм	ГОСТ 31383-2008	0,6	—



НИИСтроительство
научно-исследовательский центр

научно-техническое общество «научно-исследовательский центр «строительство»
научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт
в области жилищно-коммунального хозяйства



НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

по теме:

«Проведение испытаний гидроизоляционного состава Idrosilex Pronto производства MAPEI по основным показателям качества на бетоне и выдача научно-технического заключения»

Договор № 1053/13-28-15/ЖБ от 26.10.2015 г.

Заказчик:
ЗАО «МАПЕИ»

Зав. лабораторией № 13, д.т.н.

Степанова В. Ф.

Ответственный исполнитель,
старший научный сотрудник

Соколова С. Е.

Исполнители:
научный сотрудник

Полушкин А. Л.

научный сотрудник

Зимина Т. Л.

Москва, 2016 г.



II. ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ ГИДРОИЗОЛЯЦИОННОГО СОСТАВА **IDROSILEX PRONTO** НА БЕТОННОЙ ПОВЕРХНОСТИ

1. ХАРАКТЕРИСТИКА МАТЕРИАЛОВ И ОБРАЗЦОВ, ПРЕДСТАВЛЕННЫХ НА ИСПЫТАНИЯ

Для проведения испытаний гидроизоляционного покрытия на бетоне в лаборатории коррозии и долговечности бетонных и железобетонных конструкций НИИЖБ Заказчиком был выбран гидроизоляционный состав **Idrosilex Pronto** производства MAPEI.

Idrosilex Pronto представляет собой осмотический раствор на основе цемента, заполнителей отборных фракций и особых синтетических смол, соответствующих формулам, разработанным в лаборатории компании MAPEI.

Техническое описание и характеристики гидроизоляционного состава **Idrosilex Pronto** производства MAPEI представлен в Приложении 1.

Система гидроизоляционного покрытия включает три слоя гидроизоляционного состава **Idrosilex Pronto**. Общая толщина системы покрытия 3 мм.



Гидроизоляционный состав **Idrosilex Pronto** выпускается серийно по ТУ 5745-005-70452241-2007 на заводе ЗАО «Мареи» г. Ступино Московской области. Представленный на испытания материал **Idrosilex Pronto** изготовлен

21.10.2015 г., партия № 21/10/15, имеет документ о качества (Приложение 2) и отобран в условиях завода-изготовителя. Акт отбора образцов продукции от 16.11.2015г. представлен в Приложении 3.

Гидроизоляционный состав **Idrosilex Pronto** изготавливается в соответствии со спецификацией производителя, имеет свидетельство о государственной регистрации № RU.67.CO 01.008.E.006197.08.12 от 14.08.2012 г. (Приложение 4) и сертификат соответствия № РОСС RU.CJ187.H01561 от 13.03.2015 г. (Приложение 5).

Для проведения испытаний системы покрытия на основе гидроизоляционного состава **Idrosilex Pronto** на бетоне, исполнителем были изготовлены контрольные образцы, а также образцы бетона, предназначенные для нанесения покрытий.

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 были использованы в соответствии с требованиями на методы испытаний следующие виды образцов:

1. бетонные образцы-кубы размером 7х7х7 см для испытаний на водопоглощение и морозостойкость.
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 диффузионную проницаемость CO_2 и диффузионную проницаемость хлорид-ионов.
4. образцы-балочки из раствора **Idrosilex Pronto** для испытаний на прочность на сжатие и изгиб.

После изготовления бетонные образцы были выдержаны в камере естественного твердения при температуре $(20 \pm 5)^\circ C$ и относительной влажности воздуха 80% в течение 28 суток, затем переданы Заказчику для нанесения покрытия из состава **Idrosilex Pronto**.

Контрольные образцы бетона хранились до испытаний у Исполнителя в условиях камеры естественного твердения при температуре $(20 \pm 5)^\circ C$ и относительной влажности воздуха 80 %.

Подготовку поверхности бетонных образцов перед нанесением покрытий, приготовление рабочих составов и их нанесение на образцы проводили представители фирмы ЗАО «МАПЕИ» в соответствии с требованиями инструкции по нанесению гидроизоляционного состава **Idrosilex Pronto** производства ЗАО «МАПЕИ».

Основные технологические параметры нанесения на бетон системы покрытия на основе гидроизоляционного состава **Idrosilex Pronto** приведены в таблице 1.



Таблица 1.

Основные параметры нанесения системы покрытия	Значения
Наименование материалов, № партии, дата производства	Гидроизоляционный состав Idrosilex Pronto № партии 21/10/15, изг. 21.10.2015 г.
Состав системы покрытия	Гидроизоляционный состав Idrosilex Pronto — 3 слоя
Метод подготовки поверхности	Очистка от цементного молочка ручным методом с помощью стальной проволочной щетки, увлажнение перед нанесением состава
Температурновлажностные условия нанесения	Температура $16-17^\circ C$, относительная влажность воздуха 40-42 %
Метод нанесения	Ручным методом с помощью малярной кисти
Время межслойной сушки	5 ч
Толщина слоя, общая толщина системы покрытия	1 слой — 1 мм, общая толщина — 3 мм.
Расход состава на один слой и на систему покрытия	Расход состава на 1 слой -1,6 кг/м ² . Общий расход состава на систему покрытия — 4,8 кг/м ²
Дата нанесения	1 и 2 слои — 16.11.2015 г., 3 слой — 17.11.2015 г
Время выдержки образцов до испытаний на адгезию	не менее 28 суток 7 суток и 28 суток

В соответствии с договором проведены испытания сухой смеси, растворной смеси и гидроизоляционного покрытия на бетоне по следующим показателям:

- определение влажности сухой смеси;
- определение зернового состава сухой смеси;
- определение вязкости растворной смеси по Брукфильду;
- определение плотности растворной смеси;
- определение прочности раствора на сжатие;
- определение прочности раствора на изгиб;
- определение водонепроницаемости бетона с покрытием при прямом и обратном давлении воды, по сравнению с контрольными образцами;
- определение водопоглощения бетона с покрытием по сравнению с контрольными образцами;
- определение морозостойкости бетона с покрытием по сравнению с контрольными образцами;
- определение прочности сцепления (адгезии) покрытий с бетоном;
- определение диффузионной проницаемости для углекислого газа (CO_2) бетона с покрытием по сравнению с контрольными образцами.
- определение диффузионной проницаемости для хлорид-ионов бетона с покрытием по сравнению с контрольными образцами.



2. ПРОВЕРКА ГИДРОИЗОЛЯЦИОННОГО СОСТАВА IDROSILEX PRONTO ПО ОСНОВНЫМ ПОКАЗАТЕЛЯМ КАЧЕСТВА

2.1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК СУХОЙ СМЕСИ

Определение характеристик сухой смеси Idrosilex Pronto производилось по двум параметрам — влажность и зерновой состав.

Определение влажности сухой смеси **Idrosilex Pronto** выполняли по п. 10 ГОСТ 8735-88 «Песок для строительных работ. Методы испытаний».

Для более точного определения влажности были отобраны разные навески по 200 и 400 г.

Подготовленные навески были установлены в сушильный шкаф и высушены до постоянной массы при температуре $(105 \pm 5)^\circ\text{C}$.

Постоянной считают массу пробы, при которой результаты двух последовательных взвешиваний отличаются не более, чем на 0,1%. При этом время между взвешиваниями должно быть не менее 4 часов.

Влажность навески по массе W_M в процентах вычисляют с погрешностью до 0,1 % по формуле:

$$W_M = \frac{m_g - m_c}{m_c} \cdot 100,$$

где m_g — масса навески материала до сушки, г;

m_c — масса навески материала после сушки, г.

Результаты определения влажности сухой смеси **Idrosilex Pronto** показали, что влажность составляет 0,09 %.

Определение зернового состава сухой смеси **Idrosilex Pronto** проводили по ГОСТ 8735-88* «Песок для строительных работ. Методы испытаний». Пробы сухой смеси **Idrosilex Pronto** просеивали через сито с сеткой № 09 и с сеткой № 05 по ГОСТ 6613 «Сетки проволочные тканые с квадратными ячейками. Технические условия». Три пробы сухой смеси были отобраны в количестве 1 кг каждая. Через сито с сеткой № 09 сухая смесь **Idrosilex Pronto** прошла полностью. Остаток на сите с сеткой № 05 взвешивали. Среднее значение составило 0,3%.



2.2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК РАСТВОРНОЙ И ТВЕРДОЙ СМЕСИ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЯЗКОСТИ ПО ВИСКОЗИМЕТРУ БРУКФИЛЬДУ

Определение вязкости растворной смеси по Брукфильду проводили по ТУ 5745-005-70452241-2007.

Для определения вязкости **Idrosilex Pronto** использовали вискозиметр Брукфильда DV2T (США) непрерывного действия (фото. 1). Вискозиметр Брукфильда использует стандартный принцип ротационной вискозиметрии: измерение вязкости осуществляется посредством пересчета крутящего момента, необходимого для вращения шпинделя прибора с постоянной скоростью при погружении его в исследуемую среду на определенную глубину при определенной температуре окружающей среды.

Для приготовления растворной смеси использовали режим перемешивания по ГОСТ 30744-2001 «Цементы. Методы испытаний с использованием полифракционного песка». По истечении времени перемешивания заполняли пластиковый контейнер готовой смесью и устанавливали его под вискозиметр Брукфильда. Испытания проводили в соответствии с указаниями инструкции к вискозиметру.

В ходе испытаний регистрировали шесть единичных значений — по 3 в крайнем нижнем и крайнем верхнем положении. За результат испытаний принимали среднее значение из шести показаний вискозиметра.

Результаты испытаний показали, что вязкость по Брукфильду растворной смеси **Idrosilex Pronto** составляет 106 МПа·с, при этом расход воды составил 0,22 л на 1 кг смеси.



Фото 1. Вискозиметр Брукфильда DV2T



ОПРЕДЕЛЕНИЕ СРЕДНЕЙ ПЛОТНОСТИ

Определение средней плотности растворной смеси **Idrosilex Pronto** по ГОСТ 5802-86 «Растворы строительные. Методы испытаний».

Плотность растворной смеси характеризуется отношением массы уплотненной растворной смеси к ее объему и выражается в г/см³.

Для проведения испытаний применяли: стальной цилиндрический сосуд емкостью 1000 мл (1 л), весы лабораторные, стальной стержень диаметром 12 мм, длиной 300 мм и стальную линейку.

Перед испытанием сосуд предварительно взвешивали и наполняли растворной смесью с избытком. После этого растворную смесь уплотняли путем штыкования стальным стержнем 25 раз и 5-6 кратным легким постукиванием о стол. После уплотнения избыток растворной смеси срезали стальной линейкой. Поверхность тщательно выравнивают вровень с краями сосуда. Затем сосуд с растворной смесью взвешивали с точностью до 2 г.

Плотность растворной смеси ρ , г/см³, вычисляли по формуле

$$\rho = \frac{m - m_1}{1000},$$

где m — масса мерного сосуда с растворной смесью;

m_1 — масса мерного сосуда без смеси, г.

Плотность растворной смеси **Idrosilex Pronto** определяли как среднее арифметическое значение результатов двух определений плотности смеси из одной пробы.

Результаты испытаний показали, что средняя плотность растворной смеси **Idrosilex Pronto** составляет 1,90 г/см³.



ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДЕЛА ПРОЧНОСТИ РАСТВОРА НА СЖАТИЕ И РАСТЯЖЕНИЕ ПРИ ИЗГИБЕ

Определение предела прочности раствора **Idrosilex Pronto** на сжатие и растяжение при изгибе выполняли по ГОСТ 30744-2001 «Цементы. Методы испытаний с использованием полифракционного песка».

Для определения прочности в специальных трехгнездовых разъемных формах были изготовлены две партии образцов-балочек по 3 штуки. Размер образца 4x4x16 см.

Сначала выполняли испытания на изгиб, схема испытаний приведена на рис. 1. Определение прочности выполняли на прессе для испытаний ИП-1, модель ИП 6010-100-1 (фото 2). Нагружение образцов проводили непрерывно с постоянной скоростью нарастания нагрузки до его разрушения.

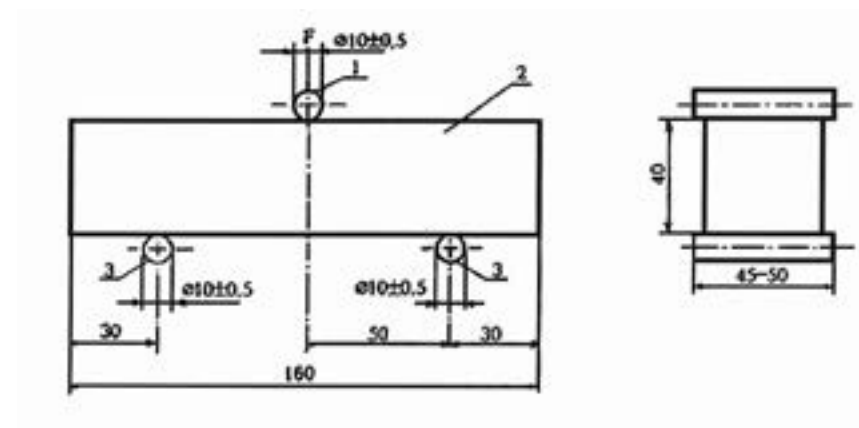


Рис. 1. Схема определения прочности на изгиб.



Фото 2. Пресс ИП-1, модель ИП 6010-100-1
для испытаний прочности образцов

Полученные после определения прочности на изгиб половинки образцов-балочек были испытаны на этом же прессе с использованием специальных нажимных пластинок для передачи нагрузки на половинку образца-балочки. При этом половинку образца-балочки помещали между нажимными пластинками таким образом, чтобы грани образца, горизонтальные при изготовлении, находились в вертикальном положении, а поверхность с маркировкой была обращена к испытателю.

Образцы, изготовленные из растворной смеси **Idrosilex Pronto** были испытаны в различные сроки — через 24 часа после изготовления и через 28 суток. Результаты определения прочности раствора на сжатие и растяжение при изгибе представлены в таблице 2.

Таблица 2. Определение прочности образцов из раствора Idrosilex Pronto по ГОСТ 30744- 2001

Вид испытаний	Результат испытаний по серии образцов			
	24 часа		28 суток	
	Прочность R, Мпа	R _{ср} , Мпа	Прочность R, Мпа	R _{ср} , Мпа
Прочность на изгиб	2,48 2,67 2,56	2,57	7,01 7,29 7,11	7,14
Прочность на сжатие	7,03 7,34 7,24 7,13 7,41 7,27	7,24	25,22 29,30 30,34 27,31 31,07 26,24	28,35

Предел прочности на изгиб составляет:

— в возрасте 24 часа — 2,57 МПа;

— в возрасте 28 суток — 7,14 МПа.

Предел прочности на сжатие составляет:

— в возрасте 24 часа — 7,24 МПа;

— в возрасте 28 суток — 28,35 МПа.



2.3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ГОТОВОГО ПОКРЫТИЯ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОДОНЕПРОНИЦАЕМОСТИ

Определение водонепроницаемости бетонных образцов-цилиндров с системой покрытия на основе гидроизоляционного состава **Idrosilex Pronto** 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 для определения водонепроницаемости УВФ-6/09 (фото 3), обеспечивающей возможность подачи воды к нижней торцевой поверхности образцов-цилиндров и наблюдение за верхней торцевой поверхностью бетона.

Давление поднимали ступенями по 0,4 МПа, начиная с 0,4 МПа до 1,6 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 на основе гидроизоляционного состава **Idrosilex Pronto** испытания проводили при прямом (со стороны покрытия) и обратном давлении воды.



Фото 3. Установка УВФ-6/09 для испытаний образцов на водонепроницаемость.



Фото 4. Внешний вид образцов с системой покрытия на основе гидроизоляционного состава **Idrosilex Pronto** и контрольных образцов для испытаний на водонепроницаемость.

Результаты испытаний на водонепроницаемость представлены в таблице 3.

Таблица 3.

Водонепроницаемость бетона с системой покрытия на основе гидроизоляционного состава **Idrosilex Pronto**

Вид образцов	Направление давления	Маркировка образцов	Марка по водонепроницаемости
Бетон с системой покрытия на основе гидроизоляционного состава Idrosilex Pronto (при толщине 3 мм)	Прямое	Серия 1	W14
	Обратное	Серия 2	W 8
Контрольные образцы бетона	Прямое	Серия 3	W4

Результаты испытаний показали, что нанесение на бетон системы покрытия на основе гидроизоляционного состава **Idrosilex Pronto** позволяет увеличить марку бетона по водонепроницаемости при прямом давлении воды на 5 ступеней (с W4 до W14), при обратном — на 2 ступени (W8) по сравнению с бетоном без защиты (W4).



ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОДОПОГЛОЩЕНИЯ

Водопоглощение бетонных образцов с системой покрытия на основе гидроизоляционного состава **Idrosilex Pronto** и бетонных образцов без защиты (контрольные образцы) 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:

$$W_H = \frac{m_n - m_o}{m_o} \cdot 100,$$

где m_n — масса водонасыщенного образца, г;

m_o — масса образца до погружения в воду, г.

Результаты испытаний представлены в таблице 4.

Таблица 4.

Водопоглощение бетона с системой покрытия на основе гидроизоляционного состава **Idrosilex Pronto**

Вид образцов	Маркировка образцов	Номер образца	Масса начальная, m_o , г	Масса конечная, m_n , г	Δm , г	W , %	W_{cp} , %
Бетон с системой покрытия	Серия 1	1.1	840,3	858,6	18,3	2,2	2,3
		1.2	832,7	852,3	19,6	2,4	
		1.3	838,6	856,4	17,8	2,4	
		1.4	838,1	859,4	21,3	2,5	
		1.5	836,8	854,4	17,6	2,1	
Контрольные образцы бетона	Серия 2	2.1	830,9	869,2	38,3	4,6	4,6
		2.2	825,5	862,1	36,6	4,4	
		2.3	820,9	859,7	38,8	4,7	
		2.4	827,8	864,7	36,9	4,5	
		2.5	822,3	862,5	40,2	4,9	

В соответствии с результатами испытаний значение величины водопоглощения бетонных образцов с системой покрытия на основе гидроизоляционного состава **Idrosilex Pronto** составило: для системы покрытия — 2,3 % по массе, контрольных образцов бетона (без покрытия) — 4,6 %.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОРОЗОСТОЙКОСТИ

Определение морозостойкости бетонных образцов с системой покрытия на основе гидроизоляционного состава **Idrosilex Pronto** и бетонных образцов без защиты (контрольные образцы) проводили в соответствии с требованиями ГОСТ 31383-2008 «Защита бетонных и железобетонных конструкций от коррозии. Методы испытаний». Метод определения морозостойкости покрытий на бетоне заключается в установлении максимального числа циклов замораживания-оттаивания образцов бетона с покрытием в растворе солей, при которых отсутствуют разрушения покрытия и сохраняются его адгезионные свойства в нормируемых пределах.

Морозостойкость определяли при многократном переменном замораживании-оттаивании в 5%-ном растворе хлорида натрия при температуре минус $(50 \pm 5)^\circ\text{C}$. Оттаивание образцов происходило при температуре плюс $(18 \pm 2)^\circ\text{C}$. Испытания проводили в климатической камере DV 1600C, Италия (фото 5).

Условное соотношение между числом циклов испытаний ускоренным методом, основанным на замораживании-оттаивании образцов в растворе соли, и морозостойкостью покрытия на бетоне принимали по таблице 5.

Таблица 5.

Число циклов замораживания-оттаивания (морозостойкость) покрытий на бетоне	200	300	400
Число циклов испытаний	5	10	15

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.



Фото 5. Климатическая камера БУ 1600С для испытаний на морозостойкость.

Внешний вид образцов до испытаний на морозостойкость представлен на фото 6.

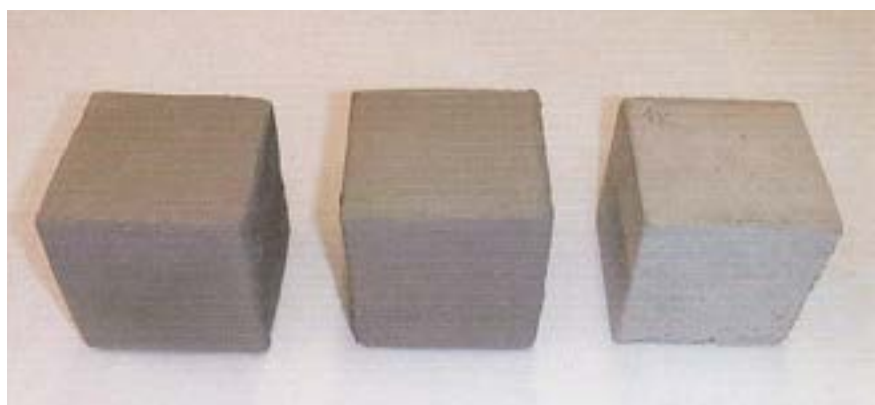


Фото 6. Внешний вид образцов перед испытаниями на морозостойкость.

Результаты испытаний представлены в таблице 6.



Таблица 6.

Изменение внешнего вида и адгезии образцов
в процессе испытания на морозостойкость

Вид образцов	Наименование показателя	Сроки испытаний образцов		
		5 циклов	10 циклов	15 циклов
Бетон с системой покрытия	Внешний вид	Без изменений	Отдельные дефекты покрытия на ребрах	Отслоение покрытия на ребрах и гранях, сильное шелушение бетона под ним
	Адгезия, МПа	2,0	1,8	—
Контрольные образцы бетона	Внешний вид	Сильное шелушение поверхности бетона	Разрушение бетона на гранях, углах и ребрах, оголение крупного заполнителя	—

Результаты испытаний на морозостойкость показали, что:

- бетон без защиты соответствует марке по морозостойкости F150.
- образцы бетона с системой покрытия на основе гидроизоляционного состава **Idrosilex Pronto** выдержали без изменений внешнего вида и адгезии 300 циклов замораживания-оттаивания.



ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТИ СЦЕПЛЕНИЯ (АДГЕЗИИ) С БЕТОНОМ

Определение прочности сцепления системы покрытия на основе гидроизоляционного состава **Idrosilex Pronto** с бетоном проводили в соответствии с ГОСТ 28574-2014 «Защита от коррозии в строительстве. Конструкции бетонные и железобетонные. Методы испытаний адгезии защитных покрытий». Для определения количественной величины адгезии системы покрытия 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.

Величину адгезии (R) системы покрытия 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-ЮМГ4 приведен на фото 7, внешний вид образцов до и после испытаний на адгезию представлен на фото 8.

Результаты определения адгезии системы гидроизоляционного покрытия **Idrosilex Pronto** к бетонной поверхности показали, что покрытие обладает высокой адгезионной прочностью сцепления с бетонной поверхностью. Однако, характер отрыва когезионный по материалу покрытия.

Величина адгезии к бетону в возрасте 28 суток составляет более 2,4 МПа. Величина адгезии к бетону в возрасте 7 суток составляет более 0,8 МПа.



Фото 7. Измеритель прочности сцепления (адгезии) ПСО-10МГ4.

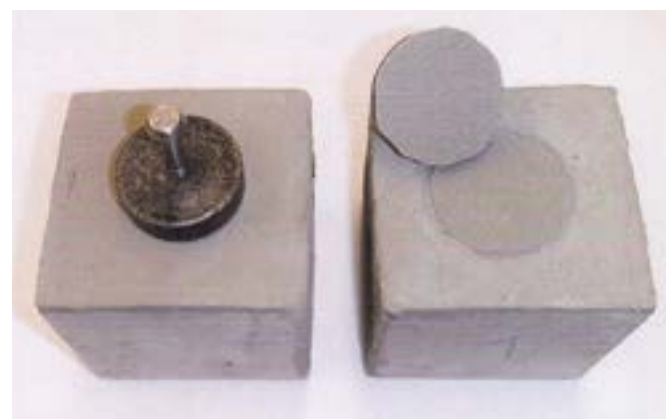


Фото 8. Внешний вид образцов бетона с системой покрытия на основе гидроизоляционного состава **Idrosilex Pronto** до испытаний и после испытаний на адгезию.



ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИФфуЗИОННОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ CO₂

Определение диффузионной проницаемости для углекислого газа бетонных образцов с системой покрытия на основе гидроизоляционного состава **Idrosilex Pronto** и бетонных образцов без защиты (контрольные образцы) проводили в соответствии с требованиями ГОСТ 31383-2008 «Защита бетонных и железобетонных конструкций от коррозии. Методы испытаний».

Согласно методике диффузионную проницаемость определяли на основании данных о скорости нейтрализации (карбонизации) бетона углекислым газом в отсутствии градиента общего давления газовой среды.

Среды при наличии разности концентрации углекислого газа в бетоне и окружающей среде в период, когда процесс нейтрализации ограничен скоростью диффузии углекислого газа в пористой структуре бетона.

Образцы, предназначенные для испытаний, выдерживали в камере с относительной влажностью (75±3)% при температуре (20±5)°C до установления постоянной массы, после чего помещали в герметичную камеру со следующими параметрами газовой среды: концентрация CO₂ — (10±5)% (по объему); относительная влажность воздуха — (75±3)%; температура — (20±5)°C. Образцы выдерживали в камере в течение 14 суток, промежуточные определения проводили в 7 суток.

Испытания проводили на специальной установке с автоматическим поддержанием заданной концентрации углекислого газа (рис. 9).

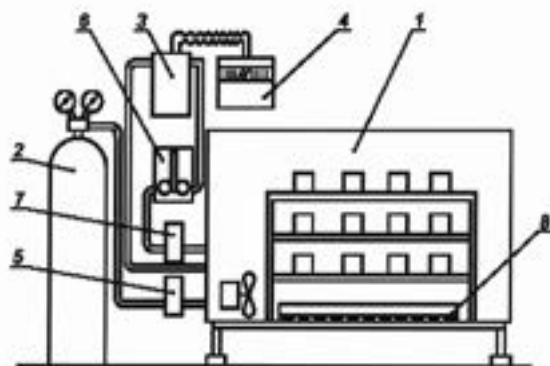


Рис. 9. Схема установки для определения диффузионной проницаемости бетона для углекислого газа

1 — камера; 2 — баллон с CO₂; 3 — автоматический газоанализатор; 4 — показывающий командный прибор; 5 — электрический клапан; 6 — блок регулирования потока газа в трубопроводе газоанализатора; 7 — побудитель расхода газа; 8 — ванна с насыщенным раствором хлорида натрия

По истечении заданного срока образцы извлекали из камеры и раскалывали в направлении, нормальном рабочей грани. На поверхность скола по периметру образца наносили 0,1%-ный спиртовой раствор фенолфталеина.

Мерной линейкой с точностью до 0,1 см измеряли толщину нейтрализованного слоя бетона, которая равна расстоянию от поверхности образца до слоя, окрашенного в малиновый цвет. Измерения проводили через 1 см по периметру образца.

Среднее значение толщины нейтрализованного слоя бетона x , см, рассчитывали по формуле:

$$x = \frac{\sum_1^n x}{n},$$

где n — число измерений.

Реакционную емкость бетона m_0 в относительных величинах, рассчитывали по формуле:

$$m_0 = 0,4 \cdot \rho \cdot p \cdot f,$$

где ρ — содержание цемента, г в 1 см³ бетона;

p — количество основных оксидов в цементе в пересчете на CaO в относительных величинах по массе, принимаемое по данным химического анализа ($\sim p = 0,6$);

f — степень нейтрализации бетона, равная отношению количества основных оксидов, вступивших во взаимодействие с углекислым газом, к общему их количеству в цементе ($\sim f = 0,6$).

Эффективный коэффициент диффузии углекислого газа в бетоне D' см²/с рассчитывали по формуле:

$$D' = \frac{m_0 \cdot x^2}{2 \cdot c \cdot \tau},$$

где m_0 — реакционная емкость бетона или объем газа, поглощенный единицей объема бетона;

x — толщина нейтрализованного слоя бетона, см;

c — концентрация углекислого газа в относительных величинах по объему;

τ — продолжительность воздействия газа на бетон, с.

Внешний вид бетонных образцов после испытаний приведен на фото 10-13. Результаты испытаний приведены в таблице 7.



Фото 10. Внешний вид бетонных образцов с системой покрытия на основе гидроизоляционного состава Idrosilex Pronto после 7 суток испытаний



Фото 11. Внешний вид контрольных бетонных образцов (без покрытия) после 7 суток испытаний



Фото 12. Внешний вид бетонных образцов с системой покрытия на основе гидроизоляционного состава Idrosilex Pronto после 14 суток испытаний



Фото 13. Внешний вид контрольных бетонных образцов (без покрытия) после 14 суток испытаний



Таблица 7.

Диффузионная проницаемость для углекислого газа бетона с системой покрытия на основе гидроизоляционного состава Idrosilex Pronto

Вид образцов	№ образца	Грани образца	Глубина карбонизации, мм, через 7 суток			Глубина карбонизации, мм, через 14 суток			Эффективный коэффициент диффузии CO ₂ , Д' см²/с		
			Средняя по грани	Средняя по образцу	max	Средняя по грани	Средняя по образцу	max	7 суток	14 суток	Среднее значение
С системой покрытия на основе гидроизоляционного состава Idrosilex Pronto	2.1	верхняя	5,2	4,8	6,0	—	—	—	0,85 x 10 ⁻⁴	—	0,96 x 10 ⁻⁴
		нижняя	4,4			—					
		боковые	4,7			—					
	2.2	верхняя	5,7	5,3	7,0	—	—	—	1,00 x 10 ⁻⁴	—	
		нижняя	5,0			—					
		боковые	5,2			—					
	2.3	верхняя	—	—	—	8,0	7,6	9,0	—	1,00 x 10 ⁻⁴	
		нижняя	—			7,2					
		боковые	—			7,5					
	2.4	верхняя	—	—	—	8,0	7,3	9,0	—	0,98 x 10 ⁻⁴	
		нижняя	—			6,8					
		боковые	—			7,0					
	2.5	верхняя	—	—	—	7,8	7,3	9,0	—	0,98 x 10 ⁻⁴	
		нижняя	—			7,0					
		боковые	—			7,0					
Контрольные (без покрытия)	1.1	верхняя	8,0	7,1	9,0	—	—	—	1,90 x 10 ⁻⁴	—	2,05 x 10 ⁻⁴
		нижняя	6,5			—					
		боковые	6,7			—					
	1.2	верхняя	7,8	7,2	9,0	—	—	—	1,90 x 10 ⁻⁴	—	
		нижняя	6,8			—					
		боковые	7,0			—					
	1.3	верхняя	—	—	—	11,0	10,6	13,0	—	2,10 x 10 ⁻⁴	
		нижняя	—			10,2					
		боковые	—			10,5					
	1.4	верхняя	—	—	—	11,5	10,9	13,0	—	2,20 x 10 ⁻⁴	
		нижняя	—			10,5					
		боковые	—			10,8					
	1.5	верхняя	—	—	—	11,2	10,8	13,0	—	2,15 x 10 ⁻⁴	
		нижняя	—			10,5					
		боковые	—			11,7					



Испытания показали, что применение системы покрытия на основе гидроизоляционного состава **Idrosilex Pronto** на бетоне понижает проницаемость бетона для углекислого газа в два раза по сравнению с контрольным бетоном без покрытия. Максимальная глубина карбонизации бетона с покрытием после 14 суток испытаний составила 9 мм при эффективном коэффициенте диффузии углекислого газа $0,96 \times 10^{-4}$ см²/с; глубина карбонизированного слоя контрольного бетона (без покрытия) за этот же период испытаний составила 13 мм при эффективном коэффициенте диффузии составлял $2,05 \times 10^{-4}$ см²/с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИФфуЗИОННОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ ХЛОРИД-ИОНОВ

Определение проницаемости для хлорид-ионов бетонных образцов с системой покрытия на основе гидроизоляционного состава **Idrosilex Pronto** и бетонных образцов без защиты (контрольные образцы) проводили экспресс — методом, разработанным в НИИЖБ им.А. А. Гвоздева.

Метод основан на хорошей растворимости хлористых солей и на различии в окраске смеси растворов хромата серебра и хлористых солей в зависимости от концентрации хлорид-иона.

Подготовленные образцы (контрольные и с покрытием) помещали в жидкую сильноагрессивную по отношению к бетону среду с содержанием хлоридов в пересчете на хлорид-ион 60000 мг/л. Образцы находились под воздействием этой среды в течение 60 суток. По истечении данного времени образцы извлекали из агрессивного раствора хлорида натрия и от них отбирали пробы растворенной части бетона из различных мест образца: от торцевых и боковых граней на расстоянии до 5, 10, 30 мм от внешней поверхности и в центре образца.

Экспресс-метод позволяет оценить содержатся ли хлориды в бетоне в опасной концентрации для арматурной стали (более 0,45%) и установить содержание хлоридов в пределах от 0 до 0,45% к массе цемента в бетоне. Подбором концентрации реагентов — хромата калия, нитрата серебра и азотной кислоты в присутствии жидкой фазы бетона определен диапазон изменения окраски раствора, соответствующий переходу арматурной стали в бетоне из пассивного состояния в активное.

Отобранную пробу бетона помещали в пробирку, добавляли дистиллированную воду. Через 10 минут, необходимых для перехода растворимых хлоридов в раствор, добавляли нитрат серебра и раствор хромата калия. Окраску раствора в пробирке сравнивали с окраской на эталонном рисунке и оценивали концентрацию хлорид-ионов. Результаты испытаний приведены в таблице 8.



Таблица 8.

Содержание хлорид-ионов в бетоне с системой покрытия на основе гидроизоляционного состава **Idrosilex Pronto**

Место отбора пробы		Концентрация хлорид-ионов (% от массы цемента) в бетоне*	
От поверхности образца, мм	Грани образца	Образцы с системой покрытия на основе гидроизоляционного состава Idrosilex Pronto	Контрольные образцы (без покрытия)
0-5	верхняя	Более 0,45	0,45 и более по всему сечению образца
	нижняя	Более 0,45	
	боковые	Более 0,45	
10-20	верхняя	0,45	
	нижняя	0,45	
	боковые	0,45	
30	верхняя	Менее 0,45	
	нижняя	Менее 0,45	
	боковые	Менее 0,45	
50	центр	Отсутствуют	

Результаты испытаний показали, что применение системы покрытия на основе гидроизоляционного состава **Idrosilex Pronto** по бетону, полностью не защищает бетон от проникновения хлорид-ионов из растворов, однако несколько замедляет скорость их проникновения в бетон. Так, в контрольных образцах хлориды проникли на всю глубину образца (50 мм), и содержание их составило более 0,45%, в то время как в образцах с системой покрытия на основе гидроизоляционного состава **Idrosilex Pronto** за одинаковый период испытаний в центре образца хлориды не обнаружены.



3. ВЫВОДЫ

Результаты испытаний гидроизоляционного состава **Idrosilex Pronto** и системы покрытия на основе гидроизоляционного состава **Idrosilex Pronto** на бетоне по основным показателям качества, по сравнению с бетоном без защиты, приведенные в обобщенной таблице 9, позволяют сделать следующие выводы.

1. Показатели качества сухой смеси, растворной смеси и раствора (покрытия) **Idrosilex Pronto** соответствуют требованиям ТУ 5745-005-70452241- 2007.
2. Система гидроизоляционного покрытия **Idrosilex Pronto** обладает высокими эксплуатационными свойствами:
 - увеличивает марку бетона по водонепроницаемости при прямом давлении воды на 5 ступеней (с W4 до не менее W14), при обратном давлении воды на 2 ступени (с W4 до W8), по сравнению с бетоном без защиты;
 - повышает морозостойкость и морозосолеустойкость бетона в 2 раза (с 150 до 300 циклов);
 - снижает величину водопоглощения бетона в 2 раза (с 4,6 до 2,3%);
3. Система гидроизоляционного покрытия **Idrosilex Pronto** обладает высокой адгезионной прочностью сцепления с бетонной поверхностью. Величина адгезии к бетону в возрасте 28 суток составляет не менее 2,4 МПа.
4. Система гидроизоляционного покрытия **Idrosilex Pronto** позволяет снизить проницаемость бетона для углекислого газа в два раза по сравнению с контрольным бетоном без покрытия (уменьшение эффективного коэффициента диффузии с $2,05 \times 10^{-4}$ до $0,96 \times 10^{-4}$ см²/с).
5. Система гидроизоляционного покрытия **Idrosilex Pronto** замедляет скорость проникновения хлорид-ионов из растворов в бетон.
6. Система гидроизоляционного покрытия **Idrosilex Pronto** может быть рекомендована для вторичной защиты бетонных и железобетонных конструкций, эксплуатирующихся в условиях воздействия слабо — и среднеагрессивных природных и техногенных сред (в соответствии с СП 28.13330.2012 — СНиП 2.03.11-85 и ГОСТ 31384-2008), а также для гидроизоляции зданий и подземных сооружений во всех видах промышленного и гражданского строительства, при выполнении как внутренних, так и наружных работ.



Таблица 9.

Результаты испытаний системы покрытия на основе гидроизоляционного состава **Idrosilex Pronto** по основным показателям качества на бетоне по сравнению с бетоном без защиты

Наименование показателя, единица измерения	Обозначение НТД на испытание	Результаты испытаний		
		Гидроизоляционный состав Idrosilex Pronto	Бетон с системой покрытия на основе гидроизоляционного состава Idrosilex Pronto	Бетон без защиты
Внешний вид	ТУ 5745-005-70452241- 2007	Порошок серого цвета	—	—
Влажность, %	ГОСТ 8735- 88	0,09	—	—
Зерновой состав на сите 0,5 мм, %	ГОСТ 8735- 88	0,3	—	—
Вязкость по Брукфильду, МПа • с	ТУ 5745-005-70452241- 2007	106	—	—
Средняя плотность растворной смеси, г/см ³	ГОСТ 5802- 86	1,90	—	—
Предел прочности на растяжение при изгибе, МПа, в возрасте: - 24 часа - 28 суток	ГОСТ 30744- 2001	2,57 7,14	—	—
Предел прочности на сжатие, МПа, в возрасте: - 24 часа - 28 суток	ГОСТ 30744- 2001	7,24 28,35	—	—
Марка по водонепроницаемости (при толщине 3мм): - прямое давление - обратное давление	ГОСТ 31383-2008	—	W 14 W 8	W 4 W 4



Продолжение таблицы 9.

Наименование показателя, единица измерения	Обозначение НТД на испытание	Результаты испытаний		
		Гидроизоляционный состав Idrosilex Pronto	Бетон с системой покрытия на основе гидроизоляционного состава Idrosilex Pronto	Бетон без защиты
Водопоглощение, %	ГОСТ 12730.3-78	—	2,3	4,6
Морозостойкость, циклы	ГОСТ 31383-2008	—	300	150
Прочность сцепления с бетоном (адгезия), МПа: - в возрасте 7 сут. - в возрасте 28 сут.	ГОСТ 28574-2014	—	более 0,8 (когезионный отрыв) более 2,4 (когезионный отрыв)	—
Эффективный коэффициент диффузии CO ₂ , см ² /с	ГОСТ 31383-2008	—	0,96 x 10 ⁻⁴	2,05 x 10 ⁻⁴
Проницаемость хлор-ионов % от массы цемента	Методика НИИЖБ	—	<0,45	>0,45



МИНИСТРОЙ РОССИИ
ОАО «НИИ «СТРОИТЕЛЬСТВО»
ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ,
ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСКИЙ И
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
БЕТОНА И ЖЕЛЕЗОБЕТОНА имени А.А. ГВОЗДЕВА
НИИЖБ им. А.А. ГВОЗДЕВА
85 ЛЕТ В СТРОЙКОМПЛЕКСЕ МОСКВЫ И РОССИИ



109428, Москва, 3-й Институтский ул. 6, корп. 5. Тел./факс: 8 (499) 174-77-24
e-mail: nizhb@stroy.ru; Интернет: www.nizhb-fgsp.ru

УТВЕРЖДАЮ

Директор НИИЖБ, д.т.н.
Данилюк А.Н.
« » 2014 г.

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

по теме:

«Проведение испытаний системы покрытия на основе водно-дисперсионной
краски COLORITE BETON производства MAPEI по основным показателям
качества на бетоне, выдача научно-технического заключения и сертификата
соответствия в системе сертификации ГОСТ Р»

Договор № 650/13-11-14/ЖБ от 09.06.2014 г.

Заказчик:
ЗАО «МАПЕИ»

Зав. лабораторией № 13, д.т.н.

Степанова В. Ф.

Ответственный исполнитель,
старший научный сотрудник

Соколова С. Е.

Исполнители
научный сотрудник

Полушкин А. И.

научный сотрудник

Зими́на Т. И.

Москва, 2014 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ О ПРОВЕДЕНИИ
ИСПЫТАНИЙ СИСТЕМЫ COLORITE BETON



III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ О ПРОВЕДЕНИИ ИСПЫТАНИЙ СИСТЕМЫ COLORITE BETON

1. ХАРАКТЕРИСТИКА МАТЕРИАЛОВ И ОБРАЗЦОВ, ПРЕДСТАВЛЕННЫХ НА ИСПЫТАНИЯ

Для проведения испытаний систем защитных покрытий на бетоне в лаборатории коррозии и долговечности бетонных и железобетонных конструкций НИИЖБ Заказчиком была выбрана система покрытия на основе водно-дисперсионной краски **Colorite Beton** производства MAPEI.

Система защитного покрытия:

1 слой грунтовки **Malech** — 20 мкм.

2 слоя водно-дисперсионной краски **Colorite Beton** — 150 мкм.

Общая толщина системы покрытия 170 мкм.

Водно-дисперсионная грунтовка **Malech** представляет собой прозрачную жидкость, изготовленную из акриловой смолы в водной дисперсии.

Водно-дисперсионная краска **Colorite Beton** представляет собой полупрозрачную краску, изготовленную из неомыляемой, чистой акриловой смолы в водной дисперсии.

Лакокрасочные водно-дисперсионные материалы **Malech** и **Colorite Beton** выпускаются серийно на предприятии MAPEI S.p.A. (Милан, Италия).

Технические описания и характеристики материалов **Malech** и **Colorite Beton** производства MAPEI представлены в Приложениях 1 и 2.

Представленные на испытания материалы для системы защитного покрытия отобраны в условиях завода-изготовителя MAPEI S.p.A. (Милан, Италия) 17.06.2014 г. Акт отбора лакокрасочных материалов представлен в Приложении 3. Паспорта качества материалов приведены в Приложениях 4 и 5. Водно-дисперсионная краска **Colorite Beton** изготавливается в соответствии со спецификацией производителя и имеет свидетельство о государственной регистрации № RU.77.01.34.015.E.015739.10.11 от 10.10.2011 г. (Приложение 6).



Для проведения испытаний системы покрытия на основе водно-дисперсионной краски **Colorite Beton** на бетоне, исполнителем были изготовлены контрольные образцы, а также образцы бетона, предназначенные для нанесения покрытий.

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 были использованы в соответствии с требованиями на методы испытаний следующие виды образцов:

1. бетонные образцы-кубы размером 7х7х7см для испытаний на водопоглощение и морозостойкость.
2. бетонные образцы-цилиндры диаметром 15 см и высотой 5 см, для испытаний на водонепроницаемость.
3. бетонные образцы-кубы размером 10х10х10см для испытаний на диффузионную проницаемость CO₂ и диффузионную проницаемость хлорид-ионов.
4. цементно-песчаные (состав 1:3) образцы-плитки размером 14,5х9,5х2,5 см с клинообразной выемкой для испытаний на трещиностойкость.

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 двух систем защитных покрытий.

Контрольные образцы бетона хранились до испытаний у Исполнителя в условиях камеры естественного твердения при температуре (20±5)°С и относительной влажности воздуха 80%.

Подготовку поверхности бетонных образцов перед нанесением покрытий, приготовление рабочих составов и их нанесение на образцы проводили представители фирмы ЗАО «МАПЕИ» в соответствии с требованиями инструкции по нанесению водно-дисперсионной краски **Colorite Beton** производства ЗАО «МАПЕИ».

Для испытаний по показателю адгезии систему покрытия наносили как на сухую поверхность бетонных образцов (поверхностная влажность до 4%), так и на влажную поверхность (поверхностная влажность 8-10%).

Основные технологические параметры нанесения на бетон системы покрытия на основе водно-дисперсионной краски **Colorite Beton** приведены в таблице 1.



Таблица 1.

Технологические параметры нанесения на бетон системы покрытия на основе водно-дисперсионной краски Colorite Beton

Основные параметры нанесения системы покрытия	Значение
Наименование материалов, № партии, дата производства	Водно-дисперсионная грунтовка Malech , № партии FL 15414-1, изг.26.05.2014г. Водно-дисперсионная краска Colorite Beton , № партии FL 020614.1, изг.03.06.2014г.
Состав системы покрытия	грунтовка Malech разбавление водой 1:1 по весу, 1 слой краски Colorite Beton разбавление водой на 20% по весу, 2 слой краски Colorite Beton разбавление водой на 10% по весу
Метод подготовки поверхности	Ручным методом с помощью УШМ с насадкой № алмазной чашкой от цементного молочка
Температурно-влажностные условия нанесения	Температура 18-21°С, относительная влажность воздуха 46-50 %
Метод нанесения	Ручным методом с помощью малярной кисти
Количество слоев	3 слоя — 1 слой грунтовки + 2 слоя краски
Время межслойной сушки	грунтовка Malech 12-14 ч, 1 слой краски Colorite Beton — 24 ч
Толщина слоя, общая толщина системы покрытия	1 слой грунтовки — 20 мкм, 2 слоя краски — 150 мкм Общая толщина — 170 мкм.
Расход материала на один слой и на систему покрытия	Расход грунтовки на 1 слой — 150 г/м², расход краски на 1 слой — 150 г/м². Общий расход материалов на систему покрытия — 450 г/м²
Дата нанесения	грунтовка Malech — 18.06.2014 г., 1 слой краски Colorite Beton — 19.06.2014 г., 2 слой краски Colorite Beton — 20.06.2014 г.
Время выдержки образцов до испытания	Не менее 7 суток



В соответствии с техническим заданием к договору проведены испытания системы защитного покрытия на бетоне по следующим показателям:

- определение водонепроницаемости бетона с покрытием при прямом и обратном давлении воды, по сравнению с контрольными образцами;
- определение водопоглощения бетона с покрытием по сравнению с контрольными образцами;
- определение морозостойкости бетона с покрытием по сравнению с контрольными образцами;
- определение трещиностойкости бетона с покрытием;
- определение прочности сцепления (адгезии) покрытий с бетоном;
- определение сопротивления паропрооницанию покрытия;
- определение диффузионной проницаемости для углекислого газа (CO_2) бетона с покрытием по сравнению с контрольными образцами.
- определение диффузионной проницаемости для хлорид-ионов бетона с покрытием по сравнению с контрольными образцами.



2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА СИСТЕМЫ ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ ВОДНО-ДИСПЕРСИОННОЙ КРАСКИ COLORITE BETON НА БЕТОНЕ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОДОНЕПРОНИЦАЕМОСТИ

Определение водонепроницаемости бетонных образцов-цилиндров с системой покрытия на основе водно-дисперсионной краски **Colorite Beton** 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), 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 1,4 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 на основе водно-дисперсионной краски **Colorite Beton** испытания проводили при прямом (со стороны покрытия) давлении воды.



Фото 1. Установка для испытаний образцов на водонепроницаемость.



Фото 2. Внешний вид образцов с системой покрытия и на основе водно-дисперсионной краски Colorite Beton и контрольных образцов для испытаний на водонепроницаемость.

Результаты испытаний на водонепроницаемость представлены в таблице 2.

Таблица 2. Водонепроницаемость бетона с системой покрытия на основе водно-дисперсионной краски Colorite Beton

Вид образцов	Маркировка образцов	Результат по серии образцов
Бетон с системой покрытия на основе водно-дисперсионной краски Colorite Beton	Серия 1	W12
Контрольные образцы бетона	Серия 2	W4

Результаты испытаний показали, что нанесение на бетон системы покрытия на основе водно-дисперсионной краски **Colorite Beton** позволяет увеличить марку бетона по водонепроницаемости при прямом давлении воды на 4 ступени (с W4 до W12), по сравнению с бетоном без защиты (W4).

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОДОПОГЛОЩЕНИЯ

Водопоглощение бетонных образцов с системой покрытия на основе водно-дисперсионной краски **Colorite Beton** и бетонных образцов без защиты (контрольные образцы) определяли по ГОСТ 12730.3-78 «Бетоны. Метод определения водопоглощения». Образцы насыщали водой при полном погружении до постоянной массы.

Водопоглощение (W_n) определяли по формуле:

$$W_n = \frac{m_n - m_o}{m_o} \cdot 100\%$$

где m_n — масса водонасыщенного образца, г;
 m_o — масса образца до погружения в воду, г.

Результаты испытаний представлены в таблице 3.



Таблица 3. Водопоглощение бетона с системой защитного покрытия на основе водно-дисперсионной краски Colorite Beton

Вид образцов	Маркировка образцов	Номер образца	Масса начальная, m_0 , г	Масса конечная, m_n , г	Δm , г	W, %	W_{cp} , %
Бетон с системой покрытия	Серия 1	1.1	812,2	827,1	14,9	1,83	1,8
		1.2	818,3	833,9	15,6	1,91	
		1.3	811,3	825,7	14,4	1,77	
Контрольные образцы бетона	Серия 2	2.1	809,3	844,2	34,9	4,31	4,3
		2.2	819,4	854,0	34,6	4,22	
		2.3	812,8	848,6	35,8	4,41	

В соответствии с результатами испытаний значение величины водопоглощения бетонных образцов с системой покрытия на основе водно-дисперсионной краски **Colorite Beton** составило: для системы покрытия — 1,8% по массе, контрольных образцов бетона (без покрытия) — 4,3%.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОРОЗОСТОЙКОСТИ

Определение морозостойкости бетонных образцов с системой покрытия на основе водно-дисперсионной краски **Colorite Beton** 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 $(50 \pm 5)^\circ\text{C}$. Оттаивание образцов происходило при температуре плюс $(18 \pm 2)^\circ\text{C}$.

Условное соотношение между числом циклов испытаний ускоренным методом, основанным на замораживании-оттаивании образцов в растворе соли, и морозостойкостью покрытия на бетоне принимали по таблице 4.

Таблица 4.

Число циклов замораживания-оттаивания (морозостойкость) покрытий на бетоне	200	300	400
Число циклов испытаний	5	10	15

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.

Морозостойкость определяли при многократном переменном замораживании-оттаивании в 5%-м растворе хлорида натрия при температуре минус $(50 \pm 5)^\circ\text{C}$. Оттаивание образцов происходило при температуре плюс $(18 \pm 2)^\circ\text{C}$. Испытания проводили в климатической камере DV 1600C, Италия (фото 3).



Фото 3. Климатическая камера DV 1600C для испытаний на морозостойкость.

Внешний вид образцов до и после испытаний на морозостойкость представлен на фото 4-6. Результаты испытаний представлены в таблице 5.



Таблица 5. Изменение внешнего вида и адгезии образцов в процессе испытания на морозостойкость

Вид образцов	Наименование показателя	Сроки испытаний образцов			
		5 циклов	10 циклов	12 циклов	15 циклов
Бетон с системой покрытия	Внешний вид	Без изменений	Шелушение на отдельных участках	Пузырение покрытия на отдельных гранях	Отслоение покрытия на ребрах и гранях
	Адгезия, МПа	2,5	2,0	—	—
Контрольные образцы бетона	Внешний вид	Сильное шелушение поверхности бетона	Разрушение бетона на гранях, углах и ребрах, оголение крупного заполнителя	Практически полное разрушение образцов	—



Фото 4. Внешний вид образцов перед испытаниями на морозостойкость.



Фото 5. Внешний вид образцов после 5 циклов испытаний на морозостойкость.



Фото 6. Внешний вид образцов после 10 циклов испытаний на морозостойкость.

Результаты испытаний на морозостойкость показали, что:

- бетон без защиты соответствует марке по морозостойкости F150.
- образцы бетона с системой покрытия на основе водно-дисперсионной краски **Colorite Beton** выдержали без изменений внешнего вида и адгезии 300 циклов замораживания-оттаивания.



ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ

Для определения трещиностойкости системы покрытия 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 (фото 7), а затем при растяжении образца в бетоне, под покрытием, образуются трещины. Испытания проводили на приборе, разработанном в лаборатории коррозии НИИЖБ (фото 8).

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 испытываемых образцов.



Фото 7. Внешний вид образца бетона с покрытием до испытаний на трещиностойкость.



Фото 8. Прибор для испытаний на трещиностойкость образцов бетона с покрытием.

Результаты испытаний показали, что представленная система покрытия на основе водно-дисперсионной краски **Colorite Beton** является трещиностойкой и выдерживает без разрушения ширину раскрытия трещин в бетоне 0,5 мм.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТИ СЦЕПЛЕНИЯ (АДГЕЗИИ) С БЕТОНОМ

Определение прочности сцепления системы покрытия на основе водно-дисперсионной краски **Colorite Beton** 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 системы покрытия 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

Величину адгезии (R) системы покрытия 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 фото 9, внешний вид образцов до и после испытаний на адгезию представлен на фото 10.

Результаты определения адгезии системы защитного покрытия к бетонной поверхности показали, что покрытие обладает высокими адгезионными свойствами как к сухой, так и к влажной поверхности бетона.

Величина адгезии системы покрытия на основе водно-дисперсионной краски **Colorite Beton** к сухому бетону (с влажностью в поверхностном слое до 4%) составляет 3,0 МПа, при этом отрыв происходит, в основном, по телу бетона.

Величина адгезии системы покрытия на основе водно-дисперсионной краски **Colorite Beton** к влажному бетону (с влажностью в поверхностном слое 8-10%) составляет 2,7 МПа, при этом отрыв происходит, по поверхностному слою бетона.



Фото 9. Измеритель прочности сцепления (адгезии) PCS-10MG4.



Фото 10. Внешний вид образцов бетона с системой покрытия на основе водно-дисперсионной краски Colorite Beton до испытаний и после испытаний на адгезию.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ПАРПРОНИЦАНИЮ

Испытания по определению паропроницаемости и сопротивления паропроницанию водно-дисперсионной краски **Colorite Beton** были проведены в соответствии с ГОСТ 25898-2012 «Материалы и изделия строительные. Методы определения паропроницаемости и сопротивления паропроницанию».

Сущность методов определения сопротивления паропроницанию и паропроницаемости заключается в создании стационарного потока паров воды через исследуемый образец и определении величины этого потока.

Образцы покрытия водно-дисперсионной краски **Colorite Beton** были изготовлены в виде свободной пленки по ГОСТ 142-3-78 и на подложках из папиросной бумаги. Толщина свободной пленки водно-дисперсионной краски **Colorite Beton** составляла — 170 мкм.

Сопротивление паропроницанию покрытия — величина, численно равная разности парциального давления водяного пара в паскалях у противоположных сторон покрытия, при которой через площадь покрытия, равную 1 м², за 1 ч проходит 1 мг водяного пара.

Испытания по определению паропроницаемости и сопротивления паропроницанию водно-дисперсионной краски **Colorite Beton** проходили в камере влажности «KBF-720» фирмы «Binder» при температуре (20±0,1)°C и влажности (54,5±1)% в течение 3 недель.

Результаты испытаний представлены в таблице 6.

Таблица 6. Испытания по определению паропроницаемости и сопротивления паропроницанию

Наименование показателя	Фактический результат			
	свободная пленка краски	покрытие краски на папиросной бумаге	папиросная бумага	покрытие краски
Сопротивление паропроницанию, (м ² · ч · Па)/мг	0,33 (0,27)	0,37	0,10	0,27
Толщина, мкм	183 (150)	191	25	166
Паропроницаемость, мг/(м · ч · Па)	0,00057	—	0,0002	0,00061

Паропроницаемость покрытия на основе водно-дисперсионной краски **Colorite Beton** составляет 0,0006 мг/(м·ч·Па).

Сопротивление паропроницанию системы покрытия на основе водно-дисперсионной краски **Colorite Beton** составляет 0,27 (м²·ч·Па)/мг и незначительно по сравнению с сопротивлением паропроницаемости тяжелого бетона.



ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИФфуЗИОННОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ CO₂

Определение диффузионной проницаемости для углекислого газа бетонных образцов с системой покрытия на основе водно-дисперсионной краски Colorite Beton и бетонных образцов без защиты (контрольные образцы) проводили в соответствии с требованиями ГОСТ 31383-2008 «Защита бетонных и железобетонных конструкций от коррозии. Методы испытаний».

Согласно методике диффузионную проницаемость определяли на основании данных о скорости нейтрализации (карбонизации) бетона углекислым газом в отсутствии градиента общего давления газовоздушной среды при наличии разности концентрации углекислого газа в бетоне и окружающей среде в период, когда процесс нейтрализации ограничен скоростью диффузии углекислого газа в пористой структуре бетона.

Образцы, предназначенные для испытаний, выдерживали в камере с относительной влажностью (75±3)% при температуре (20±5)°C до установления постоянной массы, после чего помещали в герметичную камеру со следующими параметрами газовой среды: концентрация CO₂ — (10±5)% (по объему); относительная влажность воздуха — (75±3)%; температура — (20±5)°C. Образцы выдерживали в камере в течение 14 суток, промежуточные определения проводили в 7 суток.

Испытания проводили на специальной установке с автоматическим поддержанием заданной концентрации углекислого газа (рис. 1).

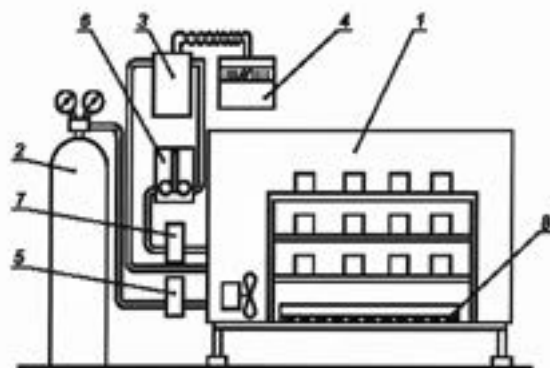


Рис. 1. Схема установки для определения диффузионной проницаемости бетона для углекислого газа

1 — камера; 2 — баллон с CO₂; 3 — автоматический газоанализатор; 4 — показывающий командный прибор; 5 — электрический клапан; 6 — блок регулирования потока газа в трубопроводе газоанализатора; 7 — побудитель расхода газа; 8 — ванна с насыщенным раствором хлорида натрия.

По истечении заданного срока образцы извлекали из камеры и раскалывали в направлении, нормальном рабочей грани. На поверхность скола по периметру образца наносили 0,1%-й спиртовой раствор фенолфталеина.

Мерной линейкой с точностью до 0,1 см измеряли толщину нейтрализованного слоя бетона, которая равна расстоянию от поверхности образца до слоя, окрашенного в малиновый цвет. Измерения проводили через 1 см по периметру образца.

Среднее значение толщины нейтрализованного слоя бетона x , см, рассчитывали по формуле:

$$x = \frac{\sum_1^n x}{n},$$

где n — число измерений.

Реакционную емкость бетона m_0 в относительных величинах, рассчитывали по формуле:

$$m_0 = 0,4 \cdot \rho \cdot p \cdot f,$$

где ρ — содержание цемента, г в 1 см³ бетона;

p — количество основных оксидов в цементе в пересчете на CaO в относительных величинах по массе, принимаемое по данным химического анализа ($\sim p = 0,6$);

f — степень нейтрализации бетона, равная отношению количества основных оксидов, вступивших во взаимодействие с углекислым газом, к общему их количеству в цементе ($\sim f = 0,6$).

Эффективный коэффициент диффузии углекислого газа в бетоне D' см²/с рассчитывали по формуле:

$$D' = \frac{m_0 \cdot x^2}{2 \cdot c \cdot \tau},$$

где m_0 — реакционная емкость бетона или объем газа, поглощенный единицей объема бетона;

x — толщина нейтрализованного слоя бетона, см;

c — концентрация углекислого газа в относительных величинах по объему;

τ — продолжительность воздействия газа на бетон, с.

Внешний вид бетонных образцов после испытаний приведен на фото 10-12. Результаты испытаний приведены в таблице 7.



Фото 10. Внешний вид бетонных образцов с системой покрытия Colorite Beton после 7 суток испытаний



Фото 11. Внешний вид бетонных образцов с системой покрытия Colorite Beton после 14 суток испытаний



Фото 12. Внешний вид контрольных бетонных образцов (без покрытия) после 14 суток испытаний

Результаты испытаний показали, что система покрытия **Colorite Beton** является непроницаемой для углекислого газа — максимальная глубина карбонизации бетона граней образцов с покрытием в отдельных участках составила 2 мм, бетон некоторых граней не карбонизирован. Эффективный коэффициент диффузии углекислого газа колеблется от $0,11 \times 10^{-6}$ до $0,23 \times 10^{-6}$ см²/с, в то время как глубина карбонизации бетона контрольных образцов достигала 12 мм, а эффективный коэффициент диффузии — $(1,86...2,2) \times 10^{-4}$ см²/с.



Таблица 7.

Диффузионная проницаемость для углекислого газа бетона
с системой покрытия Colorite Beton

Вид образцов	№ образца	Грани образца	Глубина карбонизации, мм, через 7 суток			Глубина карбонизации, мм, через 14 суток			Эффективный коэффициент диффузии CO ₂ , Д' см²/с		
			Средняя по грани	Средняя по образцу	max	Средняя по грани	Средняя по образцу	max	7 суток	14 суток	Среднее значение
Бетон с системой покрытия	2.1	верхняя	0,3	0,18	2,0	—	—	—	0,12x10 ⁻⁶	—	0,15 x 10 ⁻⁶
		нижняя	0			—					
		боковые	0,25			—					
	2.2	верхняя	0,2	0,2	2,0	—	—	—	0,15x10 ⁻⁶	—	
		нижняя	0,1			—					
		боковые	0,3			—					
	2.3	верхняя	—	—	—	0,3	0,27	3,0	—	0,15x10 ⁻⁶	
		нижняя	—			0,2					
		боковые	—			0,3					
	2.4	верхняя	—	—	—	0,3	0,23	3,0	—	0,11x10 ⁻⁶	
		нижняя	—			0,1					
		боковые	—			0,3					
	2.5	верхняя	—	—	—	0,3	0,33	3,0	—	0,23x10 ⁻⁶	
		нижняя	—			0,3					
		боковые	—			0,4					
Контрольные образцы (без покрытия)	1.1	верхняя	6,7	7,3	9,0	—	—	—	1,90 x 10 ⁻⁴	—	2,0 x 10 ⁻⁴
		нижняя	7,0			—					
		боковые	8,1			—					
	1.2	верхняя	7,2	7,1	8,0	—	—	—	1,90 x 10 ⁻⁴	—	
		нижняя	6,5			—					
		боковые	7,7			—					
	1.3	верхняя	—	—	—	10,1	9,8	11,0	—	2,03 x 10 ⁻⁴	
		нижняя	—			9,5					
		боковые	—			9,7					
	1.4	верхняя	—	—	—	11,0	10,3	12,0	—	2,20 x 10 ⁻⁴	
		нижняя	—			10,2					
		боковые	—			9,8					
	1.5	верхняя	—	—	—	10,0	9,7	10,0	—	2,0 x 10 ⁻⁴	
		нижняя	—			9,3					
		боковые	—			9,8					



ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИФфуЗИОННОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ ХЛОРИД-ИОНОВ

Определение проницаемости для хлорид-ионов бетонных образцов с системой покрытия на основе воднодисперсионной краски **Colorite Beton** и бетонных образцов без защиты (контрольные образцы) проводили экспресс — методом, разработанным в НИИЖБ им.А. А. Гвоздева.

Метод основан на хорошей растворимости хлористых солей и на различии в окраске смеси растворов хромата серебра и хлористых солей в зависимости от концентрации хлорид-иона.

Подготовленные образцы (контрольные и с покрытием) помещали в жидкую сильноагрессивную по отношению к бетону среду с содержанием хлоридов в пересчете на хлорид-ион 60000 мг/л. Образцы находились под воздействием этой среды в течение 60 суток. По истечении данного времени образцы извлекали из агрессивного раствора хлорида натрия и от них отбирали пробы растворной части бетона из различных мест образца: от торцевых и боковых граней на расстоянии до 5, 10, 30 мм от внешней поверхности и в центре образца.

Экспресс-метод позволяет оценить содержатся ли хлориды в бетоне в опасной концентрации для арматурной стали (более 0,45%) и установить содержание хлоридов в пределах от 0 до 0,45% к массе цемента в бетоне. Подбором концентрации реагентов — хромата калия, нитрата серебра и азотной кислоты в присутствии жидкой фазы бетона определен диапазон изменения окраски раствора, соответствующий переходу арматурной стали в бетоне из пассивного состояния в активное.

Отобранную пробу бетона помещали в пробирку, добавляли дистиллированную воду. Через 10 минут, необходимых для перехода растворимых хлоридов в раствор, добавляли нитрат серебра и раствор хромата калия. Окраску раствора в пробирке сравнивали с окраской на эталонном рисунке и оценивали концентрацию хлорид-ионов. Результаты испытаний приведены в таблице 8.



Таблица 8

Содержание хлорид-ионов в бетоне с системой покрытия Colorite Beton

Место отбора пробы		Концентрация хлорид-ионов (% от массы цемента) в бетоне*	
От поверхности образца, мм	Грани образца	Образцы с системой покрытия Colorite Beton	Контрольные образцы (без покрытия)
0-5	верхняя	0,45	0,45 и более по всему сечению образца
	нижняя	0,45	
	боковые	0,45	
10-20	верхняя	Менее 0,45	
	нижняя	Менее 0,45	
	боковые	Менее 0,45	
30	верхняя	Отсутствуют	
	нижняя	Отсутствуют	
	боковые	Отсутствуют	
50	центр	Отсутствуют	

* Средние результаты по трем образцам

Результаты испытаний показали, что применение системы покрытия **Colorite Beton** на бетоне, существенно замедляет скорость проникновения хлорид-ионов из растворов в бетон.

Так, в контрольных образцах хлориды проникли на всю глубину образца (50 мм), и содержание их составило более 0,45%, в то время как в образцах с системой покрытия **Colorite Beton** хлориды не были обнаружены на глубине 30 мм за одинаковый период времени.



3. ВЫВОДЫ

Результаты испытаний системы защитного покрытия на основе водно-дисперсионной краски **Colorite Beton** на бетоне по основным показателям качества, по сравнению с бетоном без защиты, приведенные в обобщенной таблице 9, позволяют сделать следующие выводы.

1. Система покрытия **Colorite Beton** увеличивает марку бетона по водонепроницаемости при прямом давлении воды на 4 ступени (с W4 до W12), повышает морозостойкость и морозосолеустойкость бетона в 2 раза (с 150 до 300 циклов), снижает величину водопоглощения бетона в 2,4 раза (с 4,3 до 1,8 %).
2. Система покрытия **Colorite Beton** обладает высокими адгезионными свойствами к бетонной поверхности, величина адгезии к сухому бетону (влажность поверхностного слоя до 4%) составляет 3,0 МПа. При изменении влажностного состояния поверхности бетона до 8-10% величина адгезии снижается незначительно и составляет 2,7 МПа.
3. Система покрытия **Colorite Beton** является трещиностойкой и может применяться для защиты железобетонных конструкций, допускающих образование и раскрытие трещин в процессе эксплуатации до 0,5 мм.
4. Сопротивление паропрооницанию системы покрытия **Colorite Beton** составляет 0,27 (м²·ч·Па)/мг и незначительно по сравнению с сопротивлением паропрооницанию тяжелого бетона.
5. Система покрытия **Colorite Beton** позволяет значительно снизить диффузионную проницаемость бетона для углекислого газа по сравнению с бетоном без защитного покрытия (уменьшение эффективного коэффициента диффузии с 2,0·10⁻⁴ см²/с до 0,15·10⁻⁶ см²/с).
6. Система покрытия **Colorite Beton** существенно замедляет скорость проникновения хлорид-ионов из растворов в бетон.
7. Система защитного покрытия на основе водно-дисперсионной краски **Colorite Beton** может быть рекомендована для вторичной защиты бетонных и железобетонных конструкций на объектах промышленного и гражданского строительства, эксплуатирующихся в атмосферных условиях различных климатических районов, в условиях воздействия слабо — и среднеагрессивных газовоздушных сред (в соответствии с СП 28.13330.2012 — СНиП 2.03.11-85 и ГОСТ 31384-2008).



Таблица 9.

Результаты испытаний системы покрытия на основе водно-дисперсионной краски **Colorite Beton** по основным показателям качества на бетоне по сравнению с бетоном без защиты

Наименование показателя, единица измерения	Обозначение НТД на испытание	Результаты испытаний	
		Бетон с системой покрытия Colorite Beton	Бетон без защиты
Водонепроницаемость, МПа:	ГОСТ 31383-2008	W 12	W 4
Водопоглощение, %	ГОСТ 12730.3 — 78	1,8	4,3
Морозостойкость, циклы	ГОСТ 31383-2008	300	150
Трещиностойкость, мм	ГОСТ 31383-2008	0,5	—
Прочность сцепления с бетоном (адгезия), МПа: - сухой бетон - влажный бетон	ГОСТ 28574 — 90	3,0 2,7	—
Сопротивление паропрооницанию, м ² ч Па/мг	ГОСТ 25898-2012	0,27	—
Эффективный коэффициент диффузии CO ₂ , см ² /с	ГОСТ 31383-2008	0,15·10 ⁻⁶	2,0·10 ⁻⁴
Проницаемость хлор-ионов % от массы цемента	Методика НИИЖБ	≤ 0,45	≥ 0,45



НИИ строительство
научно-исследовательский центр

Федеральное государственное научно-исследовательское учреждение «НИИСтрой»
научно-исследовательские проекты архитектурно-технологического института
воткнутое строительство, а также



НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

по теме:

«Проведение испытаний системы покрытия на основе водно-дисперсионной
краски Elastocolor Paint производства MAPEI по основным показателям
качества на бетоне, выдача научно-технического заключения и сертификата
соответствия в системе сертификации ГОСТ Р»

Договор № 1481/13-26-14/ЖБ от 17.12.2014 г.

Заказчик:
ЗАО «МАПЕИ»

Зав. лабораторией № 13, д.т.н.

Степанова В. Ф.

Ответственный исполнитель,
старший научный сотрудник

Соколова С. Е.

Исполнители
научный сотрудник

Полушкин А. Л.

научный сотрудник

Зими́на Т. Л.

Москва, 2015 г.



IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ О ПРОВЕДЕНИИ ИСПЫТАНИЙ СИСТЕМЫ ELASTOCOLOR PAINT

1. ХАРАКТЕРИСТИКА МАТЕРИАЛОВ И ОБРАЗЦОВ, ПРЕДСТАВЛЕННЫХ НА ИСПЫТАНИЯ

Для проведения испытаний систем защитных покрытий на бетоне в лаборатории коррозии и долговечности бетонных и железобетонных конструкций НИИЖБ Заказчиком была выбрана система покрытия на основе водно-дисперсионной краски **Elastocolor Paint** производства MAPEI.

Система защитного покрытия:

1 слой грунтовки **Elastocolor Primer** — 20 мкм.

2 слоя водно-дисперсионной краски **Elastocolor Paint** — 180-210 мкм.

Общая толщина системы покрытия 200-230 мкм.

Elastocolor Primer представляет собой консолидирующую грунтовку на основе синтетических смол в растворителе с высокой проникающей способностью. Водно-дисперсионная краска **Elastocolor Paint** представляет собой однокомпонентную краску на основе акриловых смол в водной дисперсии.

Лакокрасочные водно-дисперсионные материалы Elastocolor Primer и **Elastocolor Paint** выпускаются серийно на предприятии MAPEI S.p.A. (Милан, Италия).

Технические описания и характеристики материалов **Elastocolor Primer** и **Elastocolor Paint** производства MAPEI представлены в Приложениях 1 и 2.

Представленные на испытания материалы для системы защитного покрытия отобраны в условиях завода-изготовителя MAPEI S.p.A. (Милан, Италия). Акт отбора лакокрасочных материалов от 05.02.2015 г. представлен в Приложении 3. Паспорта качества материалов приведены в Приложениях 4 и 5. Водно-дисперсионная краска **Elastocolor Paint** изготавливается в соответствии со спецификацией производителя и имеет свидетельство о государственной регистрации № RU.77.01.34.015.E.015737.10.11 от 10.10.2011 г. (Приложение 6).



Для проведения испытаний системы покрытия на основе водно-дисперсионной краски **Elastocolor Paint** на бетоне, исполнителем были изготовлены контрольные образцы, а также образцы бетона, предназначенные для нанесения покрытий.

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 были использованы в соответствии с требованиями на методы испытаний следующие виды образцов:

1. бетонные образцы-кубы размером 7х7х7см для испытаний на водопоглощение и морозостойкость.
2. бетонные образцы-цилиндры диаметром 15 см и высотой 5 см, для испытаний на водонепроницаемость.
3. бетонные образцы-кубы размером 10х10х10см для испытаний на диффузионную проницаемость CO_2 и диффузионную проницаемость хлорид-ионов.
4. цементно-песчаные (состав 1:3) образцы-плитки размером 14,5х9,5х2,5 см с клинообразной выемкой для испытаний на трещиностойкость.

После изготовления бетонные образцы были выдержаны в камере естественного твердения при температуре $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ и относительной влажности воздуха 80% в течение 28 суток, затем переданы Заказчику для нанесения двух систем защитных покрытий

Контрольные образцы бетона хранились до испытаний у Исполнителя в условиях камеры естественного твердения при температуре $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ и относительной влажности воздуха 80%.

Подготовку поверхности бетонных образцов перед нанесением покрытий, приготовление рабочих составов и их нанесение на образцы проводили представители фирмы ЗАО «МАПЕИ» в соответствии с требованиями инструкции по нанесению водно-дисперсионной краски **Elastocolor Paint** производства ЗАО «МАПЕИ».

Для испытаний по показателю адгезии систему покрытия наносили как на сухую поверхность бетонных образцов (поверхностная влажность до 4%), так и на влажную поверхность (поверхностная влажность 8-10%).

Основные технологические параметры нанесения на бетон системы покрытия на основе водно-дисперсионной краски **Elastocolor Paint** приведены в таблице 1.



Таблица 1.

Технологические параметры нанесения на бетон системы покрытия на основе водно-дисперсионной краски **Elastocolor Paint**

Основные параметры нанесения системы покрытия	Значение
Наименование материалов, № партии, дата производства	Грунтовка Elastocolor Primer № партии 41041044, изг.20.10.2014г. Водно-дисперсионная краска Elastocolor Paint , № партии FL160414, изг.12.05.2014г.
Состав системы покрытия	Грунтовка Elastocolor Primer без разбавления водой, краска Elastocolor Paint — разбавление водой на 10-15%
Метод подготовки поверхности	Очистка от цементного молочка ручным методом с помощью стальной проволочной щетки
Температурно-влажностные условия нанесения	Температура 17-18°C, относительная влажность воздуха 40-42%
Метод нанесения	Ручным методом с помощью коротко-шерстного мехового валика
Количество слоёв	3 слоя — 1 слой грунтовки + 2 слоя краски
Время межслойной сушки	грунтовка Elastocolor Primer — 12 ч, краска Elastocolor Paint — 24 ч
Толщина слоя, общая толщина системы покрытия	1 слой грунтовки — 20 мкм, 2 слоя краски — 180-210 мкм Общая толщина — 200-230 мкм.
Расход материала на один слой и на систему покрытия	Расход грунтовки на 1 слой — 100 г/м², расход краски на 1 слой — 200 г/м². Общий расход материалов на систему покрытия — 500 г/м²
Дата нанесения	грунтовка Elastocolor Primer — 04.02.2015 г., 1 слой краски Elastocolor Paint — 05.02.2015 г., 2 слой краски Elastocolor Paint — 06.02.2015 г.
Время выдержки образцов до испытания	Не менее 7 суток



В соответствии с техническим заданием к договору проведены испытания системы защитного покрытия на бетоне по следующим показателям:

- определение водонепроницаемости бетона с покрытием при прямом и обратном давлении воды, по сравнению с контрольными образцами;
- определение водопоглощения бетона с покрытием по сравнению с контрольными образцами;
- определение морозостойкости бетона с покрытием по сравнению с контрольными образцами;
- определение трещиностойкости бетона с покрытием;
- определение прочности сцепления (адгезии) покрытий с бетоном;
- определение сопротивления паропроонианию покрытия;
- определение диффузионной проницаемости для углекислого газа (CO_2) бетона с покрытием по сравнению с контрольными образцами.
- определение диффузионной проницаемости для хлорид-ионов бетона с покрытием по сравнению с контрольными образцами.



2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА СИСТЕМЫ ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ ВОДНО-ДИСПЕРСИОННОЙ КРАСКИ ELASTOCOLOR PAINT НА БЕТОНЕ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОДОНЕПРОНИЦАЕМОСТИ

Определение водонепроницаемости бетонных образцов-цилиндров с системой покрытия на основе водно-дисперсионной краски **Elastocolor Paint** 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 (фото 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 1,6 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 на основе водно-дисперсионной краски **Elastocolor Paint** испытания проводили при прямом (со стороны покрытия) давлении воды.



Фото 1. Установка для испытаний образцов на водонепроницаемость.



Фото 2. Внешний вид образцов с системой покрытия и на основе водно-дисперсионной краски Elastocolor Paint и контрольных образцов для испытаний на водонепроницаемость.

Результаты испытаний на водонепроницаемость представлены в таблице 2.

Таблица 2. Водонепроницаемость бетона с системой покрытия на основе водно-дисперсионной краски Elastocolor Paint

Вид образцов	Маркировка образцов	Результат по серии образцов
Бетон с системой покрытия на основе водно-дисперсионной краски Elastocolor Paint	Серия 1	W14
Контрольные образцы бетона	Серия 2	W4

Результаты испытаний показали, что нанесение на бетон системы покрытия на основе водно-дисперсионной краски **Elastocolor Paint** позволяет увеличить марку бетона по водонепроницаемости при прямом давлении воды на 5 ступеней (с W4 до W14), по сравнению с бетоном без защиты (W4).

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОДОПОГЛОЩЕНИЯ

Водопоглощение бетонных образцов с системой покрытия на основе водно-дисперсионной краски **Elastocolor Paint** и бетонных образцов без защиты (контрольные образцы) определяли по ГОСТ 12730.3-78 «Бетоны. Метод определения водопоглощения». Образцы насыщали водой при полном погружении до постоянной массы.

Водопоглощение (W_n) определяли по формуле:

$$W_n = \frac{m_n - m_0}{m_0} \cdot 100, \%$$

где m_n — масса водонасыщенного образца, г;
 m_0 — масса образца до погружения в воду, г.

Результаты испытаний представлены в таблице 3.



Таблица 3. Водопоглощение бетона с системой защитного покрытия на основе водно-дисперсионной краски **Elastocolor Paint**

Вид образцов	Маркировка образцов	Номер образца	Масса начальная, m_0 , г	Масса конечная, m_n , г	Δm , г	W , %	W_{cp} , %
Бетон с системой покрытия	Серия 1	1.1	845,9	862,0	16,1	1,9	1,7
		1.2	843,9	858,3	14,4	1,7	
		1.3	858,0	872,1	14,1	1,6	
Контрольные образцы бетона	Серия 2	2.1	834,5	868,2	33,7	4,0	4,1
		2.2	823,7	858,4	34,7	4,2	
		2.3	820,9	855,7	34,8	4,2	

В соответствии с результатами испытаний значение величины водопоглощения бетонных образцов с системой покрытия на основе водно-дисперсионной краски **Elastocolor Paint** составило: для системы покрытия — 1,7 % по массе, контрольных образцов бетона (без покрытия) — 4,1 %.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОРОЗОСТОЙКОСТИ

Определение морозостойкости бетонных образцов с системой покрытия на основе водно-дисперсионной краски **Elastocolor Paint** 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 $(50 \pm 5)^\circ\text{C}$. Оттаивание образцов происходило при температуре плюс $(18 \pm 2)^\circ\text{C}$.

Условное соотношение между числом циклов испытаний ускоренным методом, основанным на замораживании-оттаивании образцов в растворе соли, и морозостойкостью покрытия на бетоне принимали по таблице 4.

Таблица 4.

Число циклов замораживания-оттаивания (морозостойкость) покрытий на бетоне	200	300	400
Число циклов испытаний	5	10	15

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.

Морозостойкость определяли при многократном переменном замораживании-оттаивании в 5%-ном растворе хлорида натрия при температуре минус $(50 \pm 5)^\circ\text{C}$. Оттаивание образцов происходило при температуре плюс $(18 \pm 2)^\circ\text{C}$. Испытания проводили в климатической камере DV 1600C, Италия (фото 3).



Фото 3. Климатическая камера DV 1600C для испытаний на морозостойкость.

Внешний вид образцов до и после испытаний на морозостойкость представлен на фото 4-6. Результаты испытаний представлены в таблице 5.



Таблица 5. Изменение внешнего вида и адгезии образцов в процессе испытания на морозостойкость

Вид образцов	Наименование показателя	Сроки испытаний образцов			
		5 циклов	10 циклов	12 циклов	15 циклов
Бетон с системой покрытия	Внешний вид	Без изменений	Отдельные дефекты покрытия на ребрах	Пузырение и отслоение покрытия на отдельных гранях	Отслоение покрытия на ребрах и гранях
	Адгезия, МПа	1,6	1,3	—	—
Контрольные образцы бетона	Внешний вид	Сильное шелушение поверхности бетона	Разрушение бетона на гранях, углах и ребрах, оголение крупного заполнителя	Практически полное разрушение образцов	—



Фото 4. Внешний вид образцов перед испытаниями на морозостойкость.



Фото 5. Внешний вид образцов после 5 циклов испытаний на морозостойкость.

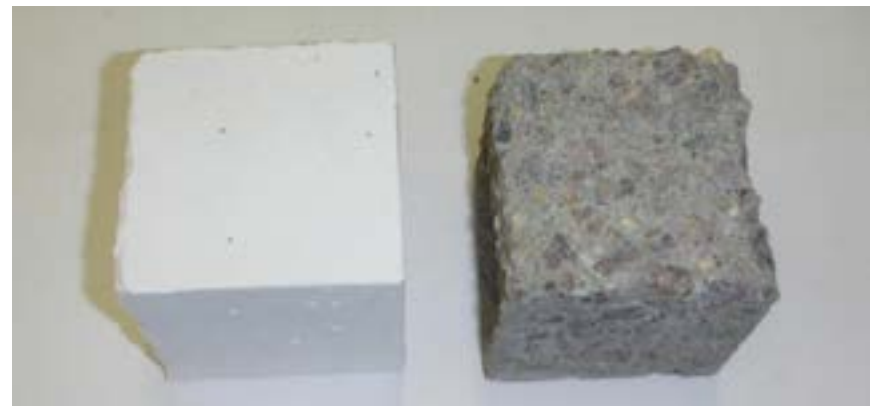


Фото 6. Внешний вид образцов после 10 циклов испытаний на морозостойкость.

Результаты испытаний на морозостойкость показали, что:

- бетон без защиты соответствует марке по морозостойкости F150.
- образцы бетона с системой покрытия на основе водно-дисперсионной краски **Elastocolor Paint** выдержали без изменений внешнего вида и адгезии 300 циклов замораживания-оттаивания.



ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ

Для определения трещиностойкости системы покрытия 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 (фото 7), а затем при растяжении образца в бетоне, под покрытием, образуются трещины. Испытания проводили на приборе, разработанном в лаборатории коррозии НИИЖБ (фото 8).

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 испытываемых образцов.



Фото 7. Внешний вид образца бетона с покрытием до испытаний на трещиностойкость.



Фото 8. Прибор для испытаний на трещиностойкость образцов бетона с покрытием.

Результаты испытаний показали, что представленная система покрытия на основе водно-дисперсионной краски **Elastocolor Paint** является трещиностойкой и выдерживает без разрушения ширину раскрытия трещин в бетоне 0,8 мм.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТИ СЦЕПЛЕНИЯ (АДГЕЗИИ) С БЕТОНОМ

Определение прочности сцепления системы покрытия на основе водно-дисперсионной краски **Elastocolor Paint** с бетоном проводили в соответствии с ГОСТ 28574-2014 «Защита от коррозии в строительстве. Конструкции бетонные и железобетонные. Методы испытаний адгезии защитных покрытий». Для определения количественной величины адгезии системы покрытия 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.

Величину адгезии (R) системы покрытия 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 фото 9, внешний вид образцов до и после испытаний на адгезию представлен на фото 10 и фото 11.

Результаты определения адгезии системы защитного покрытия к бетонной поверхности показали, что покрытие обладает высокими адгезионными свойствами как к сухой, так и к влажной поверхности бетона.

Величина адгезии системы покрытия на основе водно-дисперсионной краски **Elastocolor Paint** к сухому бетону (с влажностью в поверхностном слое до 4%) составляет не менее 1,8 МПа, при этом отрыв покрытия происходит, в основном, от грунтового слоя.

Величина адгезии системы покрытия на основе водно-дисперсионной краски **Elastocolor Paint** к влажному бетону (с влажностью в поверхностном слое 8-10%) составляет 1,5 МПа, при этом отрыв происходит, по поверхностному слою бетона.



Фото 9. Измеритель прочности сцепления (адгезии) PCS-10MG4.



Фото 10. Внешний вид образцов бетона с системой покрытия на основе водно-дисперсионной краски **Elastocolor Paint** до испытаний и после испытаний на адгезию (сухой бетон).



Фото 11. Внешний вид образцов бетона с системой покрытия на основе водно-дисперсионной краски **Elastocolor Paint** до испытаний и после испытаний на адгезию (влажный бетон).

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ПАРПРОНИЦАНИЮ

Испытания по определению паропроницаемости и сопротивления паропроницанию водно-дисперсионной краски **Elastocolor Paint** были проведены в соответствии с ГОСТ 25898-2012 «Материалы и изделия строительные. Методы определения паропроницаемости и сопротивления паропроницанию».

Сущность методов определения сопротивления паропроницанию и паропроницаемости заключается в создании стационарного потока паров воды через исследуемый образец и определении величины этого потока.

Образцы покрытия водно-дисперсионной краски **Elastocolor Paint** были изготовлены в виде свободной пленки по ГОСТ 142-3-78. Толщина свободной пленки водно-дисперсионной краски **Elastocolor Paint** составляла — 180 мкм.

Сопротивление паропроницанию покрытия — величина, численно равная разности парциального давления водяного пара в паскалях у противоположных сторон покрытия, при которой через площадь покрытия, равную 1 м², за 1 ч проходит 1 мг водяного пара.

Испытания по определению паропроницаемости и сопротивления паропроницанию водно-дисперсионной краски **Elastocolor Paint** проходили в камере влажности «KBF-720» фирмы «Binder» при температуре (23±0,1)°C и влажности (50,0±1)% в течение 3 недель.

Результаты испытаний представлены в таблице 6.

Таблица 6. Испытания по определению паропроницаемости и сопротивления паропроницанию

Наименование показателя	Обозначение НД на метод	Фактический результат
Сопротивление паропроницанию, (м ² · ч · Па)/мг	ГОСТ 25898-2012	0,30
Паропроницаемость (коэффициент паропроницаемости), мг/(м · ч · Па)	ГОСТ 25898-2012	0,0003

Паропроницаемость покрытия на основе водно-дисперсионной краски **Elastocolor Paint** составляет 0,0003 мг/(м · ч · Па).

Сопротивление паропроницанию системы покрытия на основе водно-дисперсионной краски **Elastocolor Paint** составляет 0,30 (м² · ч · Па)/мг и незначительно по сравнению с сопротивлением паропроницаемости тяжелого бетона.



ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИФфуЗИОННОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ CO₂

Определение диффузионной проницаемости для углекислого газа бетонных образцов с системой покрытия на основе водно-дисперсионной краски **Elastocolor Paint** и бетонных образцов без защиты (контрольные образцы) проводили в соответствии с требованиями ГОСТ 31383-2008 «Защита бетонных и железобетонных конструкций от коррозии. Методы испытаний».

Согласно методике диффузионную проницаемость определяли на основании данных о скорости нейтрализации (карбонизации) бетона углекислым газом в отсутствии градиента общего давления газовой среды при наличии разности концентрации углекислого газа в бетоне и окружающей среде в период, когда процесс нейтрализации ограничен скоростью диффузии углекислого газа в пористой структуре бетона.

Образцы, предназначенные для испытаний, выдерживали в камере с относительной влажностью (75±3)% при температуре (20±5)°C до установления постоянной массы, после чего помещали в герметичную камеру со следующими параметрами газовой среды: концентрация CO₂ — (10±5)% (по объему); относительная влажность воздуха — (75±3)%; температура — (20±5)°C. Образцы выдерживали в камере в течение 14 суток, промежуточные определения проводили в 7 суток.

Испытания проводили на специальной установке с автоматическим поддержанием заданной концентрации углекислого газа (рис. 1).

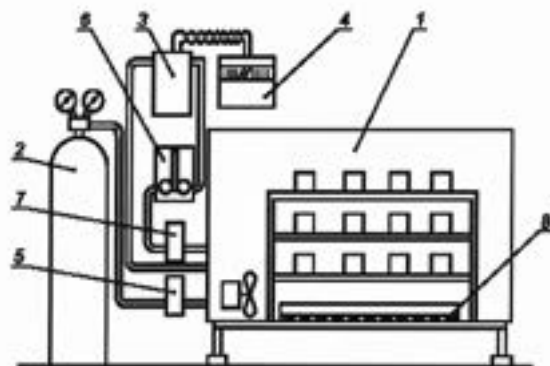


Рис. 1. Схема установки для определения диффузионной проницаемости бетона для углекислого газа

1 — камера; 2 — баллон с CO₂; 3 — автоматический газоанализатор; 4 — показывающий командный прибор; 5 — электрический клапан; 6 — блок регулирования потока газа в трубопроводе газоанализатора; 7 — побудитель расхода газа; 8 — ванна с насыщенным раствором хлорида натрия.

По истечении заданного срока образцы извлекали из камеры и раскалывали в направлении, нормальном рабочей грани. На поверхность скола по периметру образца наносили 0,1%-ный спиртовой раствор фенолфталеина.

Мерной линейкой с точностью до 0,1 см измеряли толщину нейтрализованного слоя бетона, которая равна расстоянию от поверхности образца до слоя, окрашенного в малиновый цвет. Измерения проводили через 1 см по периметру образца.

Среднее значение толщины нейтрализованного слоя бетона x , см, рассчитывали по формуле:

$$x = \frac{\sum_1^n x}{n},$$

где n — число измерений.

Реакционную емкость бетона m_0 в относительных величинах, рассчитывали по формуле:

$$m_0 = 0,4 \cdot c \cdot p \cdot f,$$

где c — содержание цемента, г в 1 см³ бетона;

p — количество основных оксидов в цементе в пересчете на CaO в относительных величинах по массе, принимаемое по данным химического анализа ($\sim p = 0,6$);

f — степень нейтрализации бетона, равная отношению количества основных оксидов, вступивших во взаимодействие с углекислым газом, к общему их количеству в цементе ($\sim f = 0,6$).

Эффективный коэффициент диффузии углекислого газа в бетоне D' см²/с рассчитывали по формуле:

$$D' = \frac{m_0 \cdot x^2}{2 \cdot c \cdot \tau},$$

где m_0 — реакционная емкость бетона или объем газа, поглощенный единицей объема бетона;

x — толщина нейтрализованного слоя бетона, см;

c — концентрация углекислого газа в относительных величинах по объему;

τ — продолжительность воздействия газа на бетон, с.

Внешний вид бетонных образцов после испытаний приведен на фото 12-14. Результаты испытаний приведены в таблице 7.



Фото 12. Внешний вид бетонных образцов с системой покрытия Elastocolor Paint после 7 суток испытаний

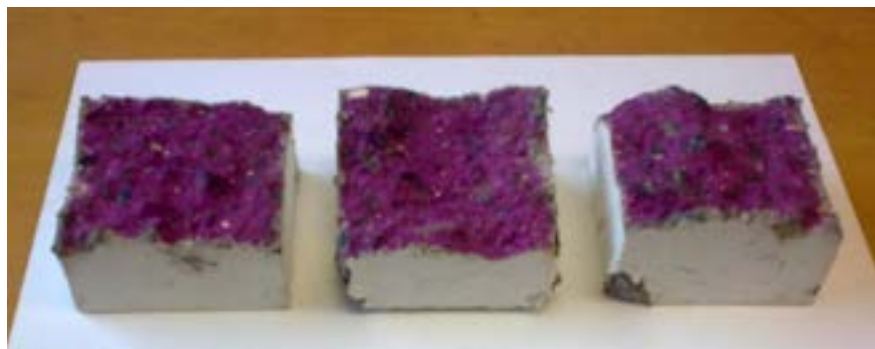


Фото 13. Внешний вид бетонных образцов с системой покрытия Elastocolor Paint после 14 суток испытаний



Фото 14. Внешний вид контрольных бетонных образцов (без покрытия) после 14 суток испытаний

Результаты испытаний показали, что применение системы покрытия **Elastocolor Paint** по бетону значительно снижает проницаемость бетона для углекислого газа по сравнению с контрольным бетоном без покрытия: максимальная глубина карбонизации бетона граней образцов с покрытием не превышала 2-3 мм при эффективном коэффициенте диффузии углекислого газа $(0,20-0,40) \times 10^{-5} \text{ см}^2/\text{с}$, в то время как глубина карбонизированного слоя контрольного бетона достигала 12-13 мм, а эффективный коэффициент диффузии составлял $(2,00-2,20) \times 10^{-4} \text{ см}^2/\text{с}$.



Таблица 7.

Диффузионная проницаемость для углекислого газа бетона
с системой покрытия Elastocolor Paint

Вид образцов	№ образца	Грани образца	Глубина карбонизации, мм, через 7 суток			Глубина карбонизации, мм, через 14 суток			Эффективный коэффициент диффузии CO ₂ , Д' см²/с		
			Средняя по грани	Средняя по образцу	max	Средняя по грани	Средняя по образцу	max	7 суток	14 суток	Среднее значение
С системой покрытия Elastocolor Paint	2.1	верхняя	1,70	1,06	2,0	—	—	—	0,41×10 ⁻⁵	—	0,32×10 ⁻⁵
		нижняя	0,87			—					
		боковые	0,60			—					
	2.2	верхняя	1,30	0,78	2,0	—	—	—	0,22×10 ⁻⁵	—	
		нижняя	0,45			—					
		боковые	0,60			—					
	2.3	верхняя	—	—	—	1,60	1,42	3,0	—	0,37×10 ⁻⁵	
		нижняя	—			1,10					
		боковые	—			1,55					
	2.4	верхняя	—	—	—	1,60	1,47	3,0	—	0,40×10 ⁻⁵	
		нижняя	—			0,80					
		боковые	—			2,00					
	2.5	верхняя	—	—	—	1,20	1,03	2,0	—	0,20×10 ⁻⁵	
		нижняя	—			0,80					
		боковые	—			1,10					
Контрольные образцы (без покрытия)	1.1	верхняя	7,50	7,20	8,0	—	—	—	1,90×10 ⁻⁴	—	2,08 x 10 ⁻⁴
		нижняя	6,20			—					
		боковые	7,80			—					
	1.2	верхняя	7,80	7,70	9,0	—	—	—	2,20×10 ⁻⁴	—	
		нижняя	6,60			—					
		боковые	8,70			—					
	1.3	верхняя	—	—	—	10,80	10,40	12,0	—	2,00×10 ⁻⁴	
		нижняя	—			10,00					
		боковые	—			10,30					
	1.4	верхняя	—	—	—	11,20	10,70	13,0	—	2,10×10 ⁻⁴	
		нижняя	—			10,00					
		боковые	—			10,80					
	1.5	верхняя	—	—	—	11,30	11,00	13,0	—	2,20×10 ⁻⁴	
		нижняя	—			10,20					
		боковые	—			11,50					



ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИФфуЗИОННОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ ХЛОРИД-ИОНОВ

Определение проницаемости для хлорид-ионов бетонных образцов с системой покрытия на основе воднодисперсионной краски **Elastocolor Paint** и бетонных образцов без защиты (контрольные образцы) проводили экспресс — методом, разработанным в НИИЖБ им.А. А. Гвоздева.

Метод основан на хорошей растворимости хлористых солей и на различии в окраске смеси растворов хромата серебра и хлористых солей в зависимости от концентрации хлорид-иона.

Подготовленные образцы (контрольные и с покрытием) помещали в жидкую сильноагрессивную по отношению к бетону среду с содержанием хлоридов в пересчете на хлорид-ион 60000 мг/л. Образцы находились под воздействием этой среды в течение 60 суток. По истечении данного времени образцы извлекали из агрессивного раствора хлорида натрия и от них отбирали пробы растворной части бетона из различных мест образца: от торцевых и боковых граней на расстоянии до 5, 10, 30 мм от внешней поверхности и в центре образца.

Экспресс-метод позволяет оценить содержатся ли хлориды в бетоне в опасной концентрации для арматурной стали (более 0,45%) и установить содержание хлоридов в пределах от 0 до 0,45% к массе цемента в бетоне. Подбором концентрации реагентов — хромата калия, нитрата серебра и азотной кислоты в присутствии жидкой фазы бетона определен диапазон изменения окраски раствора, соответствующий переходу арматурной стали в бетоне из пассивного состояния в активное.

Отобранную пробу бетона помещали в пробирку, добавляли дистиллированную воду. Через 10 минут, необходимых для перехода растворимых хлоридов в раствор, добавляли нитрат серебра и раствор хромата калия. Окраску раствора в пробирке сравнивали с окраской на эталонном рисунке и оценивали концентрацию хлорид-ионов. Результаты испытаний приведены в таблице 8.



Таблица 8

Содержание хлорид-ионов в бетоне с системой покрытия **Elastocolor Paint**

Место отбора пробы		Концентрация хлорид-ионов (% от массы цемента) в бетоне*	
От поверхности образца, мм	Грани образца	Образцы с системой покрытия Elastocolor Paint	Контрольные образцы (без покрытия)
0-5	верхняя	Более 0,45	0,45 и более по всему сечению образца
	нижняя	Более 0,45	
	боковые	Более 0,45	
10-20	верхняя	Более 0,45	
	нижняя	0,45	
	боковые	0,45	
30	верхняя	Менее 0,45	
	нижняя	Отсутствуют	
	боковые	Менее 0,45	
50	центр	Отсутствуют	

* Средние результаты по трем образцам

Результаты испытаний показали, что применение системы покрытия **Elastocolor Paint** по бетону, полностью не защищает бетон от проникновения хлорид-ионов из растворов, однако несколько замедляет скорость их проникновения в бетон. Так, в контрольных образцах хлориды проникли на всю глубину образца (50 мм), и содержание их составило более 0,45%, в то время как в образцах с системой покрытия **Elastocolor Paint** хлориды не были обнаружены в центре образцов за одинаковый период времени.



3. ВЫВОДЫ

Результаты испытаний системы защитного покрытия на основе водно-дисперсионной краски **Elastocolor Paint** на бетоне по основным показателям качества, по сравнению с бетоном без защиты, приведенные в обобщенной таблице 9, позволяют сделать следующие выводы.

1. Система покрытия **Elastocolor Paint** увеличивает марку бетона по водонепроницаемости при прямом давлении воды на 5 ступеней (с W4 до W14), повышает морозостойкость и морозосолеустойкость бетона в 2 раза (с 150 до 300 циклов), снижает величину водопоглощения бетона в 2,4 раза (с 4,1 до 1,7%).
2. Система покрытия **Elastocolor Paint** обладает высокими адгезионными свойствами к бетонной поверхности, величина адгезии к сухому бетону (влажность поверхностного слоя до 4%) составляет 1,8 МПа. При изменении влажностного состояния поверхности бетона до 8-10% величина адгезии снижается незначительно и составляет 1,5 МПа.
3. Система покрытия **Elastocolor Paint** является трещиностойкой и может применяться для защиты железобетонных конструкций, допускающих образование и раскрытие трещин в процессе эксплуатации до 0,8 мм.
4. Сопротивление паропрооницанию системы покрытия **Elastocolor Paint** составляет 0,3 (м² · ч · Па)/мг и незначительно по сравнению с сопротивлением паропрооницанию тяжелого бетона.
5. Система покрытия **Elastocolor Paint** позволяет значительно снизить диффузионную проницаемость бетона для углекислого газа по сравнению с бетоном без защитного покрытия (уменьшение эффективного коэффициента диффузии с 2,08·10⁻⁴ см²/с до 0,32·10⁻⁵ см²/с).
6. Система покрытия **Elastocolor Paint** замедляет скорость проникновения хлорид-ионов из растворов в бетон.
7. Система защитного покрытия на основе водно-дисперсионной краски **Elastocolor Paint** может быть рекомендована для вторичной защиты бетонных и железобетонных конструкций на объектах промышленного и гражданского строительства, эксплуатирующихся в атмосферных условиях различных климатических районов, в условиях воздействия слабо — и среднеагрессивных газовоздушных сред (в соответствии с СП 28.13330.2012 — СНиП 2.03.11-85 и ГОСТ 31384-2008).



Таблица 9.

Результаты испытаний системы покрытия на основе водно-дисперсионной краски **Elastocolor Paint** по основным показателям качества на бетоне по сравнению с бетоном без защиты

Наименование показателя, единица измерения	Обозначение НТД на испытание	Результаты испытаний	
		Бетон с системой покрытия Elastocolor Paint	Бетон без защиты
Водонепроницаемость, МПа:	ГОСТ 31383-2008	W 14	W 4
Водопоглощение, %	ГОСТ 12730.3-78	1,8	4,1
Морозостойкость, циклы	ГОСТ 31383-2008	300	150
Трещиностойкость, мм	ГОСТ 31383-2008	0,8	—
Прочность сцепления с бетоном (адгезия), МПа: - сухой бетон - влажный бетон	ГОСТ 28574-2014	1,8 1,5	—
Сопротивление паропрооницанию, м ² ч Па/мг	ГОСТ 25898-2012	0,30	—
Эффективный коэффициент диффузии CO ₂ , см ² /с	ГОСТ 31383-2008	0,32x10 ⁻⁵	2,08x10 ⁻⁴
Проницаемость хлор-ионов % от массы цемента	Методика НИИЖБ	≤ 0,45	≥ 0,45



Открытое акционерное общество
«Научно-исследовательский институт московского строительства
«НИИМосстрой»

Аттестат аккредитации № RA.RU.21A321



Заключение

По результатам испытаний на долговечность и оценки стойкости к воздействию климатических факторов образцов систем покрытий «Elastocolor Paint» и «Colorite Beton», производства Mapei S.p.A., Италия

Лаборатория отделочных работ

Договор № 199/04/00/16 от 31.05.2016

Заведующий

Воропаева Р.И.

Тел: 8-499-739-29-98

Регистрационный № 1032/19/16

Место для штампа

Москва 2016

V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ О ПРОВЕДЕНИИ ИСПЫТАНИЙ СИСТЕМ COLORITE BETON И ELASTOCOLOR PAINT НА ДОЛГОВЕЧНОСТЬ

1. ХАРАКТЕРИСТИКА МАТЕРИАЛОВ И ОБРАЗЦОВ, ПРЕДСТАВЛЕННЫХ НА ИСПЫТАНИЯ

В лаборатории отделочных работ ОАО «НИИМосстрой» ИЦ «Мосстройиспытания» согласно по договору № 199/04/00/16 от 31.05.2016 г. с ЗАО «МАПЕИ» в 2016 г. проводились ускоренные испытания на долговечность и оценка стойкости к воздействию климатических факторов образцов систем защитно-декоративных покрытий **Elastocolor Paint** и **Colorite Beton**, производства «Mapei S.p.A.», Италия, с целью прогнозирования срока службы покрытий.

ОБРАЗЦЫ ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ

Для испытаний согласно актам отбора (см. Приложение 1) Заявителем были предоставлена следующая продукция, производства «Mapei S.p.A.», Италия (Via Cafiero 2220158 Milano, Italy):

- грунтовка водно-дисперсионная акриловая **Malech** — дата изготовления 30.06.2015 г., канистра 2 кг (паспорт качества см. Приложение 2) — маркировка в ИЦ-С;
- водно-дисперсионная эластичная краска на акриловой основе **Elastocolor Paint Base P** — дата изготовления 13.03.2016 г., ведро 20 кг (паспорт качества см. Приложение 2) — маркировка в ИЦ-А;
- водно-дисперсионная эластичная краска на акриловой основе **Colorite Beton** — дата изготовления 23.07.2015 г., ведро 20 кг цвет F.M.4001 (паспорт качества см. Приложение 2) — маркировка в ИЦ-В.

В качестве основы для нанесения использовали бетонные кубики размером (100x100x100) мм, изготовленные по ГОСТ 31356-2013. Составы наносили на все поверхности граней кубов. Грунтовочный состав и защитные краски наносили ручным способом при помощи короткошерстного мехового валика. Нанесение всех составов производили при температуре (20±2)°С и относительной влажности воздуха (65±5)%.

Водно-дисперсионная акриловая грунтовка **Malech** наносилась в один слой. Водно-дисперсионные краски на акриловой основе **Elastocolor Paint** и **Colorite**



Beton наносились в два слоя. Время высыхания грунтовки **Malech** составляло 12-14 ч; время высыхания между первым и вторым слоями красок — 24 ч.

Толщина слоя грунтовки составляла 20 мкм (сухая пленка);

- толщина слоя краски **Elastocolor Paint** — 180-210 мкм (сухой пленки в 2 слоя);
- толщина слоя краски **Colorite Beton** — 150 мкм (сухой пленки в 2 слоя).

Для каждой системы покрытий было изготовлено по 9 образцов, из них:

- 3 образца контрольные;
- 3 образца, которые испытывались после прохождения 90 циклов ускоренных климатических испытаний на стойкость к воздействию климатических факторов;
- 3 образца, которые испытывались после прохождения 135 циклов ускоренных климатических испытаний на стойкость к воздействию климатических факторов. Все образцы были выдержаны при нормальных условиях при температуре $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ и относительной влажности воздуха $(65 \pm 5)\%$ в течение 14 суток.

МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ

Предполагаемый срок службы лакокрасочного покрытия (долговечность) оценивался по результатам ускоренных климатических испытаний в условиях открытой атмосферы умеренного климата (У1) по методу 2, ГОСТ 9.401-91 «Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия лакокрасочные. Общие требования и методы ускоренных испытаний на стойкость к воздействию климатических факторов».

Критериями оценки являлись сохранность декоративных (АД) и защитных (АЗ) свойств покрытия, определяемые визуально в баллах по ГОСТ 9.407-2015 «Покрытия лакокрасочные. Метод оценки внешнего вида», а также изменение прочности сцепления краски с основанием в процессе испытаний. Прочность сцепления декоративного покрытия с основанием определяли методом отрыва по ГОСТ 32299-2013 «Материалы лакокрасочные. Определение адгезии методом отрыва».

ОБОРУДОВАНИЕ И ПРИБОРЫ

- Камера тепла и влаги 12 КТВ-0,4-012 (Россия) по ГОСТ 23750-79; диапазон автоматического регулирования температуры от $+40^\circ\text{C}$ до $+155^\circ\text{C}$; стабильность поддержания температуры $\pm 1^\circ\text{C}$ до 90°C и $\pm 2^\circ\text{C}$ свыше 90°C ; диапазон регулирования влажности $(10 \div 97)\%$;
- Камера искусственной погоды с облучением модель QUV-1/SE №98-9877-61CE-SE №00001771 (США) Диапазон регулирования температуры 0°C до $+80^\circ\text{C}$; точность поддержания температуры $\pm 1,5^\circ\text{C}$;
- Морозильник-ларь тип. VT-327 #GHDV-590-327 (Дания); диапазон регулирования температуры $(-30 \div -55)^\circ\text{C}$ с точностью поддержания температуры $\pm 2,0^\circ\text{C}$; погрешность задающего устройства — $0,8^\circ\text{C}$;
- Адгезиметр ПСО-5МГ-4 (Россия); диапазон измерения усилия отрыва (вырыва) $(0,2-5,0)$ кН; основная относительная погрешность измерения силы не более 2%;
- Лупа с увеличением 6х.

2. ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ И РЕЗУЛЬТАТЫ

Образцы помещали в камеру тепла и влаги и выдерживали при температуре $(40 \pm 2)^\circ\text{C}$ и относительной влажности воздуха $(97 \pm 3)\%$ в течение 6 ч, затем выключали обогрев и выдерживали в течение 2 ч. Из камеры влаги образцы переносили в камеру холода (морозильный ларь) и выдерживали при температуре минус $(45 \pm 3)^\circ\text{C}$ в течение 3 ч. Из камеры холода образцы переносили в аппарат искусственной погоды, работающий по режиму 3-17, и выдерживали в течение 7 ч. Образцы извлекали из аппарата искусственной погоды и выдерживали на воздухе при температуре $15-30^\circ\text{C}$ и относительной влажности воздуха не более 80% в течение 6 ч.

Было проведено 135 циклов испытаний. После прохождения 90 циклов испытаний производилась выемка образцов для тестирования внешнего вида и определения адгезии защитно-декоративных покрытий. Производилась фотофиксация, представленная в Приложении 3.

Внешний вид декоративных покрытий до испытаний на воздействие климатических факторов — матовая однородная поверхность белого цвета.

Цветостойчивость оценивали по сохранности защитных и декоративных свойств в соответствии с требованиями ГОСТ 9.401-91 по методике ГОСТ 9.407-84 «Покрытия лакокрасочные. Метод оценки внешнего вида». Изменение защитных свойств (АЗ) допускается до 1 балла (отсутствие каких-либо разрушений), изменение декоративных свойств (АД) — до 3 баллов (изменение цвета, появление меления, пятен и др.).

Сохранение защитных и декоративных свойств поверхности образцов оценивали визуально с помощью лупы.

Адгезию защитно-декоративного покрытия определяли до и после ускоренных климатических испытаний по ГОСТ 32299-2013 «Материалы лакокрасочные. Определение адгезии методом отрыва» при помощи адгезиметра ПСО-5МГ-4 (Россия). На испытуемые образцы покрытий наклеивали клеем эпоксидным универсальным марки ЭДП металлические плашки, диаметром 25 мм, выдерживали образцы 24 ч при н.у. после чего проводили испытания на отрыв.



После 90 циклов ускоренных климатических испытаний при визуальной оценке внешнего вида покрытия отмечено:

- изменение защитных свойств (разрушения, растрескивания, отслаивания покрытия) не отмечается, что соответствует величине (АЗ)-1;
- отмечается незначительное изменение декоративных свойств — (посветление покрытия); пятен, меления и других дефектов не отмечается, что соответствует величине (АД) — 3.

Результаты испытаний образцов систем защитно-декоративных покрытий **Elastocolor Paint** и **Colorite Beton**, производства «Marei S.p.A.», на соответствие требованиям ГОСТ 9.401-91 «Покрытия лакокрасочные. Общие требования и методы ускоренных испытаний на стойкость к воздействию климатических факторов» после прохождения 135 циклов ускоренных климатических испытаний по ГОСТ 9.401-91 метод 2 приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1. Результаты испытаний образцов системы защитно-декоративных покрытий Elastocolor Paint на соответствие требованиям ГОСТ 9.401-91 «Покрытия лакокрасочные. Общие требования и методы ускоренных испытаний на стойкость к воздействию климатических факторов»

Сведения об образцах		Определяемый показатель, единица измерения	Требования по ГОСТ 9.401-91 метод 2	Результаты испытаний
Дата испытания	Маркировка образцов			
21.10.2016 г.	A1÷A3	Изменение декоративных свойств (оценивается по ГОСТ 9.407-2015), баллы	Не более 3	После 90 циклов наблюдается незначительное изменение цвета до балла ЦЗ (посветление); декоративные свойства оцениваются баллом АД 3
09.12.2016 г.	A4÷A6	Изменение декоративных свойств (оценивается по ГОСТ 9.407-2015), баллы	Не более 3	После 135 циклов наблюдается незначительное изменение цвета до балла ЦЗ (посветление); декоративные свойства оцениваются баллом АД 3



Сведения об образцах		Определяемый показатель, единица измерения	Требования по ГОСТ 9.401-91 метод 2	Результаты испытаний
Дата испытания	Маркировка образцов			
21.10.2016 г.	A1÷A3	Изменение защитных свойств (оценивается по ГОСТ 9.407), баллы	Не более 1	После 90 циклов трещин, пузырей, отслоений не наблюдается; защитные свойства оцениваются баллом АЗ 1
09.12.2016 г.	A4÷A6	Изменение защитных свойств (оценивается по ГОСТ 9.407), баллы	Не более 1	После 135 циклов трещин, пузырей, отслоений не наблюдается; защитные свойства оцениваются баллом АЗ 1
10.12.2016 г.	A7÷A9	Адгезия защитно-декоративного покрытия по силе отрыва (по ГОСТ 32299-2013), мПа	Не нормируется	2,73; 2,46; 2,85 Средн. 2,65 Характер отрыва — отрыв по телу бетонного основания; прочность сцепления покрытия с основанием больше полученного значения
21.09.2016 г.	A1÷A3	Адгезия защитно-декоративного покрытия по силе отрыва (по ГОСТ 32299-2013) после 90 циклов ускоренных климатических испытаний по методу 2 ГОСТ 9.401-91, мПа	Не нормируется	2,90; 2,73; 2,85 Средн. 2,83 Характер отрыва — отрыв по телу бетонного основания; прочность сцепления покрытия с основанием больше полученного значения
10.12.2016 г.	A4÷A6	Адгезия защитно-декоративного покрытия по силе отрыва (по ГОСТ 32299-2013) после 135 циклов ускоренных климатических испытаний по методу 2 ГОСТ 9.401-91, мПа	Не нормируется	2,96; 2,80; 3,12 Средн. 2,96 Характер отрыва — отрыв по телу бетонного основания; прочность сцепления покрытия с основанием больше полученного значения



Таблица 2. Результаты испытаний образцов системы защитно-декоративных покрытий Colorite Beton на соответствие требованиям ГОСТ 9.401-91 «Покрытия лакокрасочные. Общие требования и методы ускоренных испытаний на стойкость к воздействию климатических факторов»

Сведения об образцах		Определяемый показатель, единица измерения	Требования по ГОСТ 9.401-91 метод 2	Результаты испытаний
Дата испытания	Маркировка образцов			
21.10.2016 г.	B1÷B3	Изменение декоративных свойств (оценивается по ГОСТ 9.407-2015), баллы	Не более 3	После 90 циклов наблюдается незначительное изменение цвета до балла Ц3 (посветление); декоративные свойства оцениваются баллом АД 3
09.12.2016 г.	B4÷B6	Изменение декоративных свойств (оценивается по ГОСТ 9.407-2015), баллы	Не более 3	После 135 циклов наблюдается незначительное изменение цвета до балла Ц3 (посветление); декоративные свойства оцениваются баллом АД 3
21.10.2016 г.	B1÷B3	Изменение защитных свойств (оценивается по ГОСТ 9.407), баллы	Не более 1	После 90 циклов трещин, пузырей, отслоений не наблюдается; защитные свойства оцениваются баллом АЗ 1
09.12.2016 г.	B4÷B6	Изменение защитных свойств (оценивается по ГОСТ 9.407), баллы	Не более 1	После 135 циклов трещин, пузырей, отслоений не наблюдается; защитные свойства оцениваются баллом АЗ 1
10.12.2016 г.	B7÷B9	Адгезия защитно-декоративного покрытия по силе отрыва (по ГОСТ 32299-2013), мПа	Не нормируется	2,71; 2,56; 2,93 Средн. 2,73 Характер отрыва — отрыв по телу бетонного основания; прочность сцепления покрытия с основанием больше полученного значения

Сведения об образцах		Определяемый показатель, единица измерения	Требования по ГОСТ 9.401-91 метод 2	Результаты испытаний
Дата испытания	Маркировка образцов			
21.09.2016 г.	B1÷B3	Адгезия защитно-декоративного покрытия по силе отрыва (по ГОСТ 32299-2013) после 90 циклов ускоренных климатических испытаний по методу 2 ГОСТ 9.401-91, мПа	Не нормируется	2,90; 2,78; 3,05 Средн. 2,91 Характер отрыва — отрыв по телу бетонного основания; прочность сцепления покрытия с основанием больше полученного значения
10.12.2016 г.	B4÷B6	Адгезия защитно-декоративного покрытия по силе отрыва (по ГОСТ 32299-2013) после 135 циклов ускоренных климатических испытаний по методу 2 ГОСТ 9.401-91, мПа	Не нормируется	2,62; 2,73; 3,11 Средн. 2,82 Характер отрыва — отрыв по телу бетонного основания; прочность сцепления покрытия с основанием больше полученного значения

После прохождения 135 циклов ускоренных климатических испытаний по ГОСТ 9.401-91 метод 2:

- потери прочности сцепления декоративного покрытия с основанием не отмечается;
- изменение защитных свойств (разрушения, растрескивания, отслаивания покрытия) не отмечается, что соответствует величине (АЗ) — 1;
- отмечается незначительное изменение декоративных свойств — (посветление покрытия); пятен, меления и других дефектов не отмечается, что соответствует величине (АД) — 3.

3. ВЫВОДЫ

Прогнозируемый срок службы (долговечность) систем защитно-декоративных покрытий Elastocolor Paint и Colorite Beton в условиях открытой атмосферы умеренного климата составляет не менее 15 лет при соблюдении технологии нанесения покрытия и условий эксплуатации, без изменения защитных свойств и с незначительным изменением декоративных свойств покрытий.



4. ФОТОФИКСАЦИЯ



Фото 1. Общий вид лицевой поверхности образцов до испытаний и после 90 циклов ускоренных климатических испытаний (покрытие Elastocolor Paint). Трещин, пузырей, отслоений не наблюдается. Отмечается незначительное изменение декоративных свойств — (посветление покрытия); пятен, меления и других дефектов не отмечается.



Фото 2. Общий вид лицевой поверхности образцов до испытаний и после 135 циклов ускоренных климатических испытаний (покрытие Elastocolor Paint). Трещин, пузырей, отслоений не наблюдается. Отмечается незначительное изменение декоративных свойств — (посветление покрытия); пятен, меления и других дефектов не отмечается.



Фото 3. Характер разрушения при испытаниях на адгезию контрольных образцов и образцов после 90 циклов ускоренных климатических испытаний (покрытие Elastocolor Paint). Отрыв по телу бетонного основания; прочность сцепления покрытия с основанием больше полученного значения



Фото 4. Характер разрушения при испытаниях на адгезию контрольных образцов и образцов после 135 циклов ускоренных климатических испытаний (покрытие Elastocolor Paint). Отрыв по телу бетонного основания; прочность сцепления покрытия с основанием больше полученного значения



Фото 5. Характер разрушения при испытаниях на адгезию образца после 135 циклов ускоренных климатических испытаний (покрытие Elastocolor Paint). Отрыв по телу бетонного основания; прочность сцепления покрытия с основанием больше полученного значения.

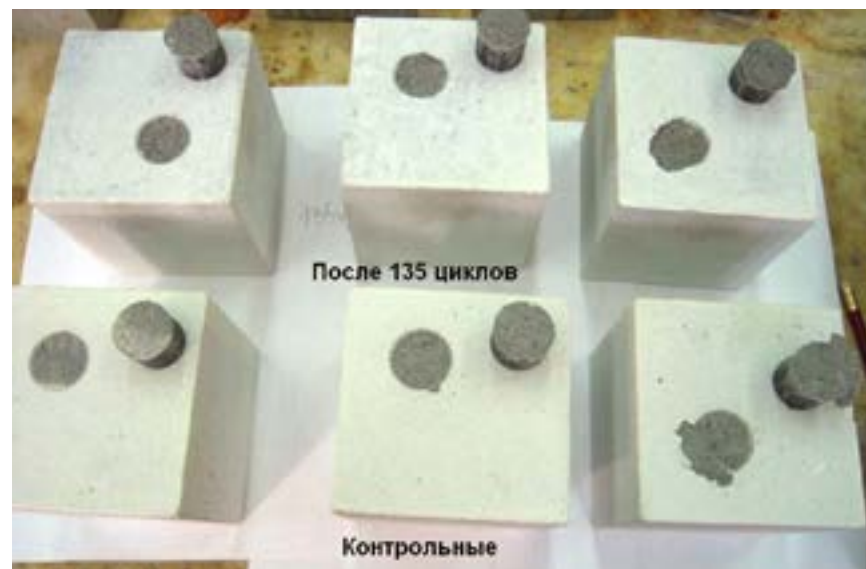


Фото 6. Общий вид лицевой поверхности и характер разрушения при испытаниях на адгезию контрольных образцов и образцов после 135 циклов ускоренных климатических испытаний (покрытие Colorite Beton). Отрыв по телу бетонного основания; прочность сцепления покрытия с основанием больше полученного значения. Трещин, пузырей, отслоений не наблюдается. Отмечается незначительное изменение декоративных свойств — (посветление покрытия); пятен, меления и других дефектов не отмечается.



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 МАПЕН 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

Соколова С. Е.

Научный сотрудник

Полушкин А. Л.

Научный сотрудник

Зими́на Т. Л.

Научный сотрудник

Харитоновна Л. П.

Москва 2010 г.



VI. ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ ЗАЩИТНОГО СОСТАВА **MAPEFER 1K** НА АРМАТУРНОЙ СТАЛИ В БЕТОНЕ

1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАЩИТНОГО ДЕЙСТВИЯ НА СТАЛЬНУЮ АРМАТУРУ 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 Ca(OH)₂ (ускоренная методика НИИЖБ).

Изолирующие свойства покрытия оценивали по изменению сопротивления покрытия при погружении образцов с покрытием в насыщенный раствор CuSO₄. Для проведения испытаний были подготовлены образцы стальной арматуры длиной 120 мм, диаметром 6 мм, очищенные механическим способом от загрязнений, масляных пятен, продуктов коррозии.

Покрытие **Maferfer 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 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ — $(-320 \div -350)$ mV; — в 5%-ном растворе NaCl — $(-385 \div -405)$ 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. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАЩИТНОГО ДЕЙСТВИЯ НА АРМИРОВАННЫЙ БЕТОН В РАЗЛИЧНЫХ АГРЕССИВНЫХ СРЕДАХ

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 1). С помощью потенциостата в автоматическом режиме поляризовали сталь в бетоне, измеряя величину силы тока через каждые 50-100 mV изменения потенциала, и по полученным данным строили анодную поляризационную кривую.

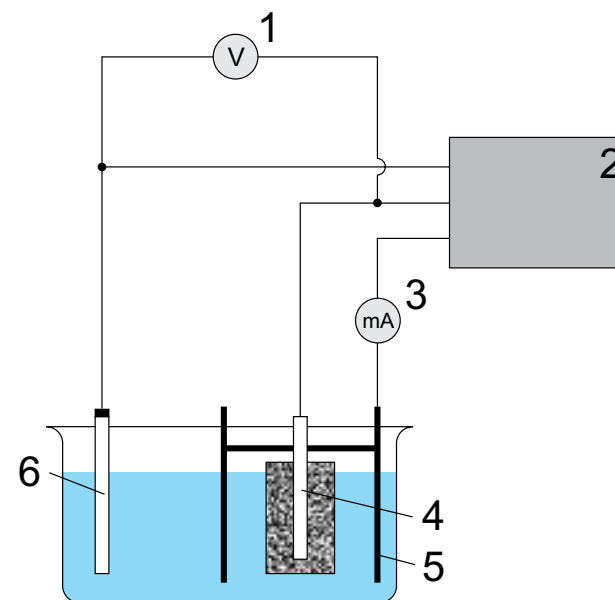


Рис. 1. Схема установки для ускоренных электрохимических испытаний стали в бетоне:

- 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 1).

Таблица 1

Плотность тока при потенциале +300 мВ (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 и на графиках 1 и 2.

Электрохимические испытания (график 1) показали, что стальная арматура с покрытием **Maferfer 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 мВ 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 мВ превышает допускаемые ГОСТом 52804 значения (график 2; таблица 2).

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

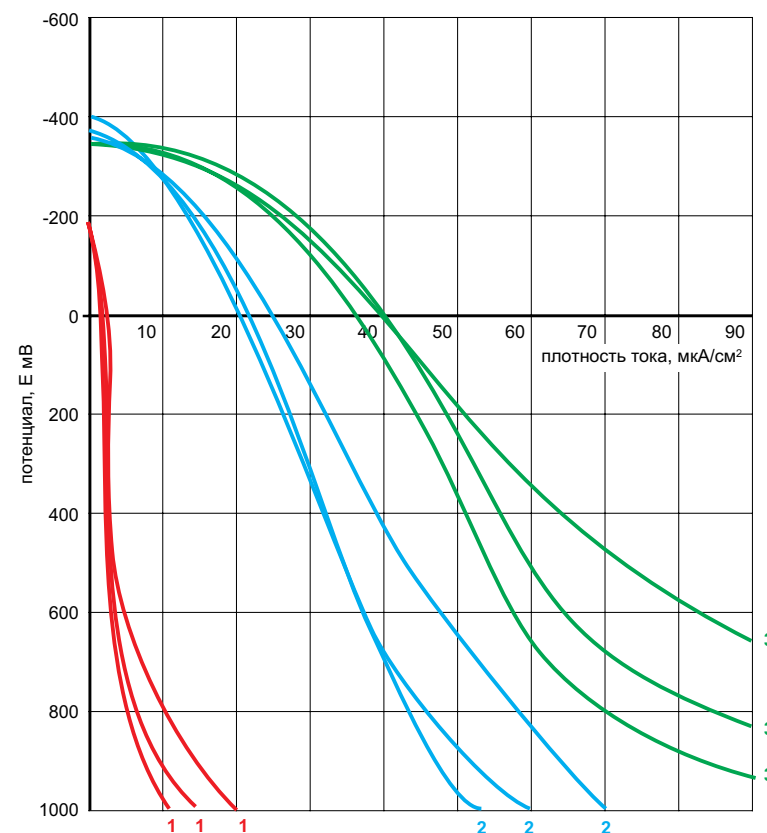


График 1. Анодные поляризационные кривые стали без покрытия после 3-х месяцев испытаний в режиме:

- 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 (CaCl₂).

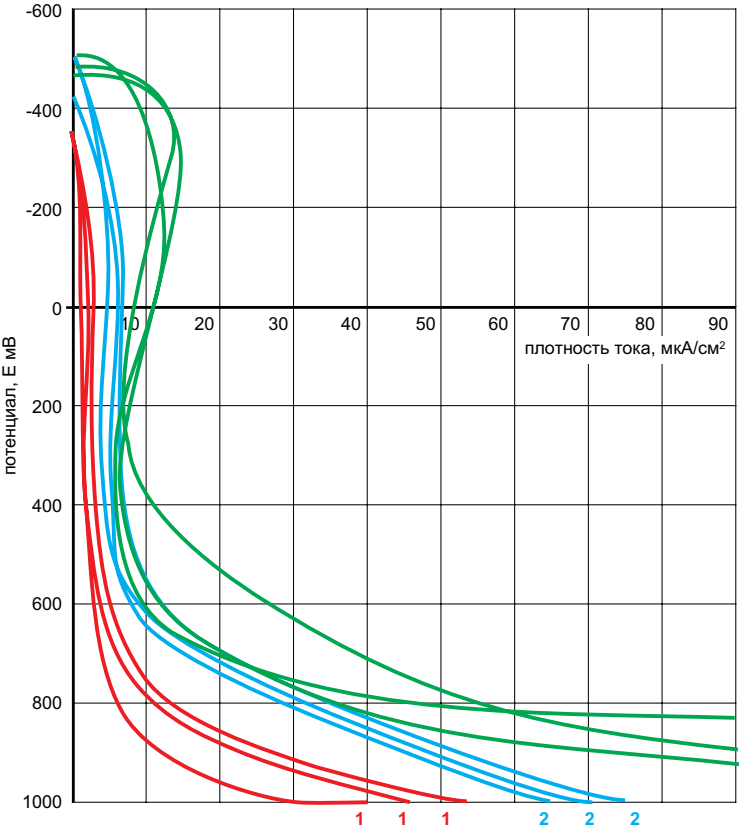


График 2. Анодные поляризационные кривые стали с покрытием Mapefer 1K после 3-х месяцев испытаний в режиме:

- 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 (CaCl₂).

Таблица 2.
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/см²			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	Покрывтие 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.



3. ВЫВОДЫ

1. Покрытие **Mapefer 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 **Mapefer 1K** может быть рекомендовано для защиты арматуры при ремонте железобетонных конструкций, предназначенных для эксплуатации в средне и слабо агрессивных средах.



Гидрофобная пропитка **Antipluvial S**



Прозрачная водоотталкивающая пропитка на основе силиконовой смолы. Обладает очень высокими эксплуатационными свойствами.

Покрытие **Monofinish**



Однокомпонентный цементный раствор с нормальным временем схватывания для выравнивания и чистовой отделки бетонных и цементных поверхностей.

Покрытие **Mapecolor**



Двухкомпонентный цементный раствор для выравнивания и отделки бетонных поверхностей.

Покрытие **Mapecolor HD**



Двухкомпонентный сульфатостойкий цементный раствор для защиты бетонных поверхностей, подверженных высокому абразивному износу.

Покрытие **Colorite Beton**



Полупрозрачная акриловая краска для окрашивания и защиты от карбонизации бетонных и цементных поверхностей.

Покрытие **Elastocolor Paint**



Высокоэластичная перекрывающая трещины защитная краска с высокой устойчивостью к воздействию атмосферных химических веществ. Для бетонных и цементных поверхностей.

Покрытие **Planiseal 88** (Idrosilex Pronto)



Осмотический цементный раствор для гидроизоляции кладки и бетонных конструкций. Устойчив к отрицательному давлению воды.

Покрытие **Mapelastic**



Двухкомпонентный эластичный цементный раствор для защиты и гидроизоляции бетонных поверхностей, балконов, террас, ванных комнат и бассейнов.



Покрытие **Mapelastic Smart**



Двухкомпонентный эластичный цементный раствор наносимый кистью или валиком для гидроизоляции бетонных поверхностей: балконов, террас, ванных комнат и бассейнов. Также подходит для защиты бетонных поверхностей от карбонизации.

Покрытие **Mapelastic Foundation**



Двухкомпонентный эластичный цементный раствор для гидроизоляции бетонных поверхностей подверженных положительному давлению воды.

Покрытие **Mapescoat I 24**



Двухкомпонентная кислотостойкая эпоксидная краска для защиты бетонных поверхностей от воздействия агрессивных химических веществ.

Покрытие **Duresil EB**



Модифицированная эпоксидная краска с углеводородными смолами для кислотостойкой защиты бетонных и стальных поверхностей.

Покрытие **Mapescoat DW 25**



Двухкомпонентная эпоксидная краска для устройства кислотостойких и не токсичных покрытий на бетонных поверхностях. Подходит для контакта с питьевой водой.

Покрытие **Triblock Finish**



Трёхкомпонентный эпоксидно-цементный тиксотропный раствор для выравнивания влажных поверхностей.

Покрытие **Triblock TMB**



Трёхкомпонентное самовыравнивающееся эпоксидно-цементное покрытие для влажных поверхностей. Наносится слоем от 1,5 до 3,0 мм.

Покрытие **Mapefloor Finish 52 W**



Двухкомпонентный полиуретановый финишный состав в водной дисперсии для обеспыливающей и масло-отталкивающей обработки бетонных полов.



Покрытие **Mapescoat I 620 W**



Двухкомпонентное эпоксидное покрытие на водной основе с глянцевым финишем для бетонных полов. Обеспечивает обеспыливающую и маслостойкую финишную обработку; также используется как покрытие для эпоксидных систем.

Покрытие **Mapescoat I 650 WT**



Двухкомпонентная эпоксидная краска в водной дисперсии с эффектом керамического покрытия для финишной отделки стен в туннелях. Обладает низким уровнем загрязняемости.

Покрытие **Mapecrete Creme Protection**



Тиксотропная кремообразная пропитка в водной дисперсии на основе силана без содержания растворителей. Идеальна для гидрофобной обработки бетона.

Покрытие **Purtop 400 M**



Двухкомпонентная гибридная полиуретановая мембрана наносимая распылением с использованием насоса высокого давления двойного смешивания. Применяется для формирования гидроизоляционного покрытия на мостовом полотне и плоских кровлях.

Покрытие **Planitop 100**



Быстросхватывающийся мелкозернистый цементный раствор светлого-серого цвета для ремонта и финишного выравнивания бетона и отштукатуренной поверхности.

Покрытие **Planitop 200**



Водоотталкивающий заглаживающий цементный раствор с мелкозернистым натуральным финишем для отделки бетонных, декоративно-полимерных, стеклянных и керамических покрытий.

Покрытие **Planitop HDM**



Двухкомпонентный высокопластичный цементный раствор на пуццолановой основе. Используется в сочетании с Maregrid G 120, Maregrid G 220 и Maregrid B 250 для структурного «армирования» кладки, выравнивания и заглаживания поверхностей.

9 СБОРНИКОВ ОТРАСЛЕВОЙ СЕРТИФИКАЦИИ ПО ПРИМЕНЕНИЮ МАТЕРИАЛОВ MAPEI

СБОРНИК №1



СБОРНИК №2



СБОРНИК №3



СБОРНИК №4



СБОРНИК №5



СБОРНИК №6



СБОРНИК №7



СБОРНИК №8



СБОРНИК №9

