

2 жз.  
Вернуто!



**НИЦ строительство**  
научно-исследовательский центр



АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «СТРОИТЕЛЬСТВО»,  
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ, ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСКИЙ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
БЕТОНА И ЖЕЛЕЗОБЕТОНА ИМЕНИ А. А. ГВОЗДЕВА

## НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

по теме:

**«Проведение испытаний одной системы гидроизоляционного  
покрытия «Силор» по основным показателям качества на бетоне и  
выдача научно-технического заключения»**

Договор № 657/13-14-16/ЖБ от 11.07. 2016 г.

**Заказчик:**  
**ООО «НТЦ Р.А. Веселовского»**

Москва, 2016 г.



**ниц строительство**  
научно-исследовательский центр



АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «СТРОИТЕЛЬСТВО»»  
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ, ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСКИЙ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
БЕТОНА И ЖЕЛЕЗОБЕТОНА ИМЕНИ А. А. ГВОЗДЕВА

**УТВЕРЖДАЮ**  
Директор НИИЖБ, д.т.н.  
*Давидюк А.Н.*  
2016 г.

## НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

по теме:

**«Проведение испытаний одной системы гидроизоляционного покрытия  
«Силор» по основным показателям качества на бетоне и выдача научно-  
технического заключения»**

Договор № 657/13-14-16/ЖБ от 11.07. 2016 г.

**Заказчик:**  
**ООО «НТЦ Р.А. Веселовского»**

Зав. лабораторией № 13, д.т.н.

Степанова В. Ф.

Ответственный исполнитель,  
старший научный сотрудник

Соколова С. Е.

Исполнители:  
научный сотрудник

Полушкин А. Л.

Москва, 2016 г.

## Содержание

|      |   |    |
|------|---|----|
| 1.   | Характеристика материалов и образцов, представленных на испытаня                  | 4  |
| 2.   | Определение основных показателей качества системы покрытия Силор-Ультра на бетоне | 8  |
| 2.1. | Определение водонепроницаемости   | 8  |
| 2.2. | Определение водопоглощения  | 11 |
| 2.3. | Определение морозостойкости   | 12 |
| 2.4. | Определение трещиностойкости  | 18 |
| 2.5. | Определение прочности сцепления (адгезии) с бетоном                               | 21 |
| 3.   | Выводы  | 24 |
|      | Приложения  | 26 |

## **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 была выбрана система покрытия на основе полимерных композиций Силор-Ультра КМ и Силор-Ультра УТК-М.

Система гидроизоляционного покрытия Силор-Ультра представляет собой трехслойное полимерное покрытие. Первый слой – пропиточный гидроизоляционный состав Силор-Ультра КМ, затем два слоя эластичного гидроизоляционного состава Силор-Ультра УТК-М. Общая толщина системы покрытия составляет 300 мкм.

Силор-Ультра КМ представляет собой двухкомпонентную низковязкую жидкость на органической основе.

Силор-Ультра УТК-М представляет собой однокомпонентный полиуретановый состав.

Технические описания гидроизоляционных полимерных композиций Силор-Ультра КМ и Силор-Ультра УТК-М представлены в Приложениях 1 и 2 соответственно.

Силор-Ультра КМ и Силор-Ультра УТК-М выпускаются серийно по ТУ 5772-001-90679544-2013 (Приложение 3) на предприятии ООО «НТЦ Р. А. Веселовского» ( г. Москва) в соответствии с технологическим регламентом. Представленные на испытания композиции торговой марки «Силор-Ультра» изготовлены на предприятии в августе 2016г. :

- Силор-Ультра КМ – партия № 10, изготовлен 15.08.2016 г.
- Силор-Ультра УТК-М – партия № 9, изготовлен 18.08.2016 г.

Паспорта качества на композиции Силор-Ультра приведены в приложениях 4-5.

Акт отбора образцов продукции от 25 августа 2016 г. представлен в Приложении 6.

Полимерные композиции торговой марки Силор-Ультра имеют сертификат соответствия № РОСС RU.АГ35.Н0402 от 20.09.2016г. (Приложение 7) и сертификат пожарной безопасности № ССБК RU.ПБ15.Н000003 от 24.11.2016 г. (Приложение 8).

Для проведения испытаний системы покрытия Силор-Ультра 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 7х7х7см для испытаний на адгезию.
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 влажного хранения при температуре  $(20 \pm 5)^{\circ} \text{C}$  и относительной влажности воздуха 80 % в течение 28 суток, затем переданы Заказчику для нанесения системы гидроизоляционного покрытия Силор-Ультра.

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 системы гидроизоляционного покрытия Силор-Ультра, приготовление рабочих составов и их нанесение на образцы проводили представители фирмы ООО «НТЦ Р. А. Веселовского» в соответствии с требованиями Технологической карты.

Основные технологические параметры нанесения на бетон системы гидроизоляционного покрытия Силор-Ультра приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Технологические параметры нанесения на бетон системы покрытия Силор-Ультра

| № п/п | Основные параметры нанесения системы покрытия  | Значение  |   |
|-------|--|---|---|
|       |  | Силор-Ультра КМ   | Силор-Ультра УТК-М                      |
| 1     | 2  | 3   | 4                                       |
| 1.    | № партии, дата производства  | Партия № 10<br>от 15.08.2016 г.                                     | Партия № 9<br>от 18.08.2016 г.          |
| 2.    | Внешний вид композиции   | Однородная низковязкая прозрачная масса                             | Однородная низковязкая прозрачная масса |
| 3.    | Внешний вид покрытия   | Пленка с прозрачной глянцевой поверхностью или окрашенная по RAL    | Пленка с глянцевой поверхностью         |
| 4.    | Состав системы покрытия  | Один слой<br>Силор-Ультра КМ до полного насыщения<br>(за 4 прохода) | Два слоя<br>Силор-Ультра УТК-М          |
| 5.    | Плотность состава<br>(при температуре $20 \pm 2^{\circ} \text{C}$ ), $\text{г/см}^3$                                   | Компонент А $-1,06 \pm 0,02$<br>Компонент В $-0,9 \pm 0,05$         | $1,032 \pm 0,05$                        |
| 6.    | Условная вязкость по вискозиметру ВЗ-246,<br>диаметр сопла 4 мм<br>(при температуре $20 \pm 2^{\circ} \text{C}$ ), сек | 9 – 15  | 15 – 20                                 |
| 7.    | Массовая доля нелетучих веществ, %, не менее   | Компонент А – 45<br>Компонент В – 37                                | Не менее 65                             |
| 8.    | Метод подготовки поверхности   | Обеспыливание сжатым воздухом                                       |   |

| 1   | 2  | 3   | 4                                       |
|-----|--|---|---|
| 9.  | Температурно-влажностные условия нанесения на бетонные образцы | Температура 23 <sup>0</sup> С<br>Относительная влажность воздуха 60±5 % |   |
| 10. | Метод нанесения  | Ручным методом с помощью малярной кисти                                 |   |
| 11. | Время междуслойной сушки                                       | 1 час   |   |
| 12. | Общая толщина системы покрытия                                 | 300 мкм   |   |
| 13. | Расход состава на один слой                                    | 0,3 кг/м <sup>2</sup>   | 0,36 кг/м <sup>2</sup><br>(на два слоя) |
| 14. | Дата нанесения   | 1.09.2016г. - 05.09.2016 г.   |   |
| 15. | Время выдержки образцов до испытаний                           | 30 суток  |   |

В соответствии с договором проведены испытания гидроизоляционного 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 системой покрытия;
- определение прочности сцепления (адгезии) покрытий с бетоном.

## **2. Определение основных характеристик и показателей качества системы покрытия Силор-Ультра на бетоне.**

### **2.1. Определение водонепроницаемости**

Определение водонепроницаемости бетонных образцов-цилиндров с системой гидроизоляционного покрытия Силор-Ультра 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 (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 0,4 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.



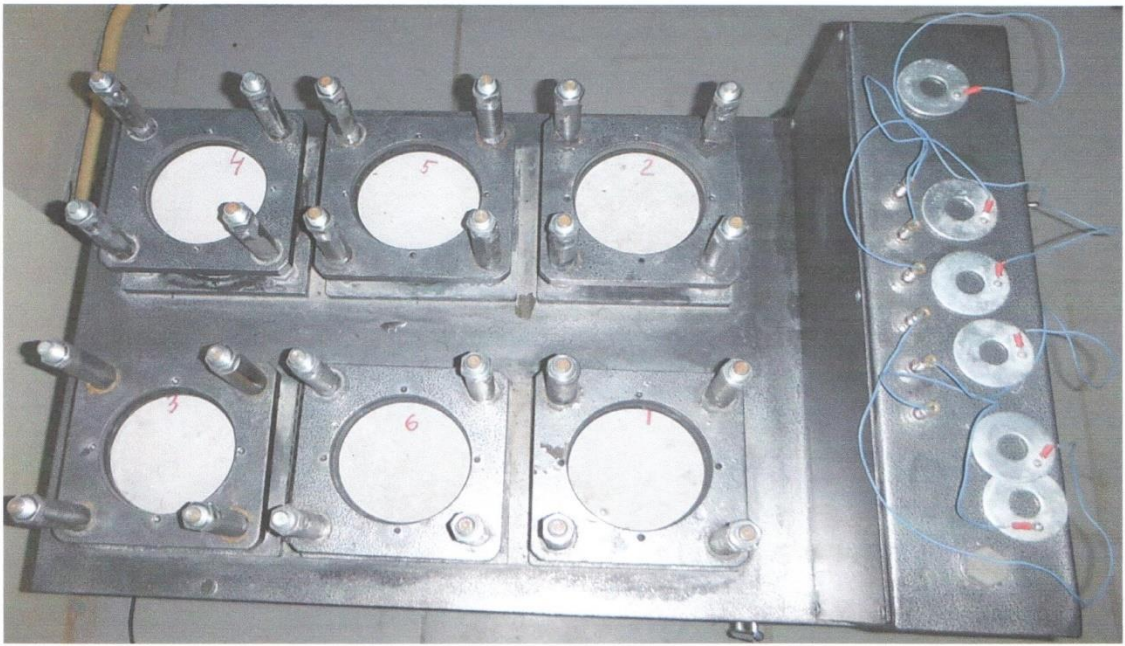


Рис. 1. Установка УФ-6/09 для испытаний образцов на водонепроницаемость.

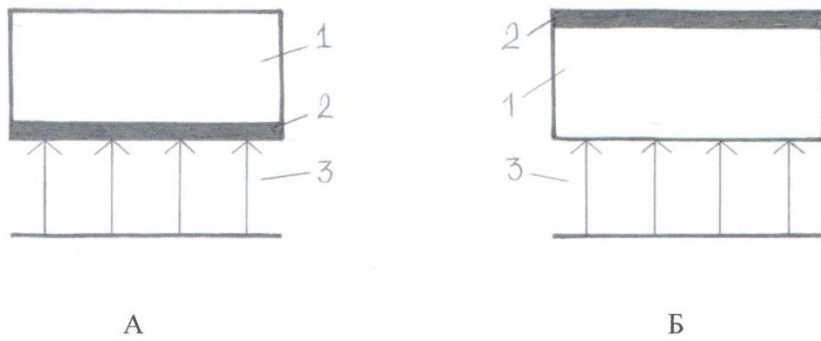


Рис. 2. Схема испытаний образцов бетона с системой покрытия.

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

1 – бетонный образец, 2 – покрытие, 3 – направление давления воды.



Рис. 3. Внешний вид образцов с системой гидроизоляционного покрытия Силор-Ультра и контрольных образцов для испытаний на водонепроницаемость.

Результаты испытаний на водонепроницаемость представлены в таблице 2.

Таблица 2.

Водонепроницаемость бетона с системой покрытия Силор-Ультра

| Вид образцов                           | Направление давления | Маркировка образцов | Результат по серии образцов |
|--|----------------------|---------------------|-----------------------------|
| Бетон с системой покрытия Силор-Ультра | Прямое               | Серия 1             | W18                         |
|  | Обратное             | Серия 1             | W10                         |
| Контрольные образцы бетона             | Прямое               | Серия 2             | W4                          |

Результаты испытаний показали, что нанесение на бетон системы гидроизоляционного покрытия Силор-Ультра позволяет увеличить марку бетона по водонепроницаемости при прямом давлении воды на 7 ступеней (с W4 до W18), при обратном на три ступени (до W10), по сравнению с бетоном без защиты (W4).

## 2.2. Определение водопоглощения

Водопоглощение бетонных образцов с системой гидроизоляционного покрытия на Силор-Ультра 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:

$$W_n = \frac{m_n - m_o}{m_o}, \quad \%$$

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 покрытия Силор-Ультра

| Вид образцов               | Маркировка образцов | Номер образца | Масса начальная, $m_0$ , г | Масса конечная, $m_n$ , г | $\Delta m$ , г | W, % | $W_{ср}$ , % |
|----------------------------|---------------------|---------------|----------------------------|---------------------------|----------------|------|--------------|
| Бетон с системой покрытия  | Серия 1             | 1.1           | 828,0                      | 833,8                     | 5,8            | 0,7  | 0,6          |
|                            |                     | 1.2           | 858,1                      | 863,5                     | 5,4            | 0,6  |              |
|                            |                     | 1.3           | 863,8                      | 868,5                     | 4,7            | 0,5  |              |
| контрольные образцы бетона | Серия 2             | 2.1           | 830,9                      | 868,3                     | 37,4           | 4,5  | 4,5          |
|                            |                     | 2.2           | 825,5                      | 862,1                     | 36,6           | 4,4  |              |
|                            |                     | 2.3           | 820,9                      | 859,7                     | 38,8           | 4,7  |              |

В соответствии с результатами испытаний значение величины водопоглощения бетонных образцов с системой гидроизоляционного покрытия Силор-Ультра составило: для системы покрытия – 0,6 % по массе, контрольных образцов бетона (без покрытия) – 4,5 %.

### 2.3. Определение морозостойкости

Определение морозостойкости бетонных образцов с системой покрытия Силор-Ультра 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 (рис. 4).

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.



Рис. 4. Климатическая камера DV 1600С для испытаний на морозостойкость.

Внешний вид образцов до испытаний и после испытаний на морозостойкость представлен на рис. 5-8.

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     |
| Внешний вид             | Бетон с покрытием | Без изменений                                    | Без изменений  | Без изменений                          | Без изменений | Без изменений |
|                         | Контрольный бетон | Шелушение поверхности бетона на отдельных гранях | Сильное поверхностное разрушение бетона на гранях, скругленные ребер и углов | Практически полное разрушение образцов | —             | —             |
| Адгезия, МПа            | Бетон с покрытием | 2,2  | 2,2  | 2,2                                    | 2,2           | 2,2           |

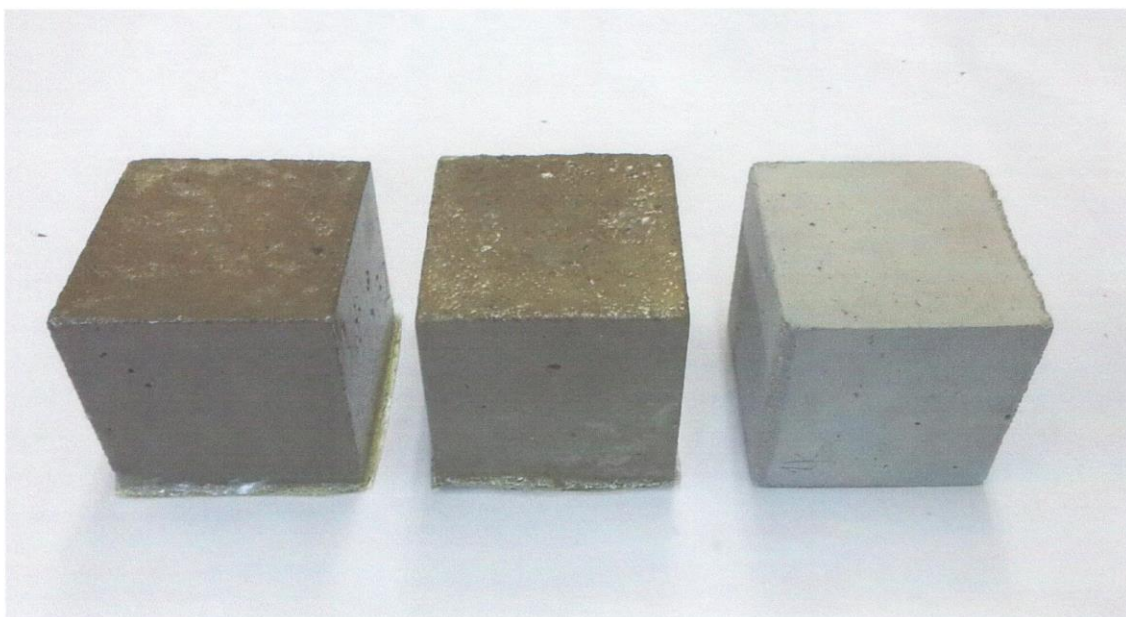


Рис. 5. Внешний вид образцов перед испытаниями на морозостойкость.



Рис. 6. Внешний вид образцов после 5 циклов испытаний на морозостойкость.



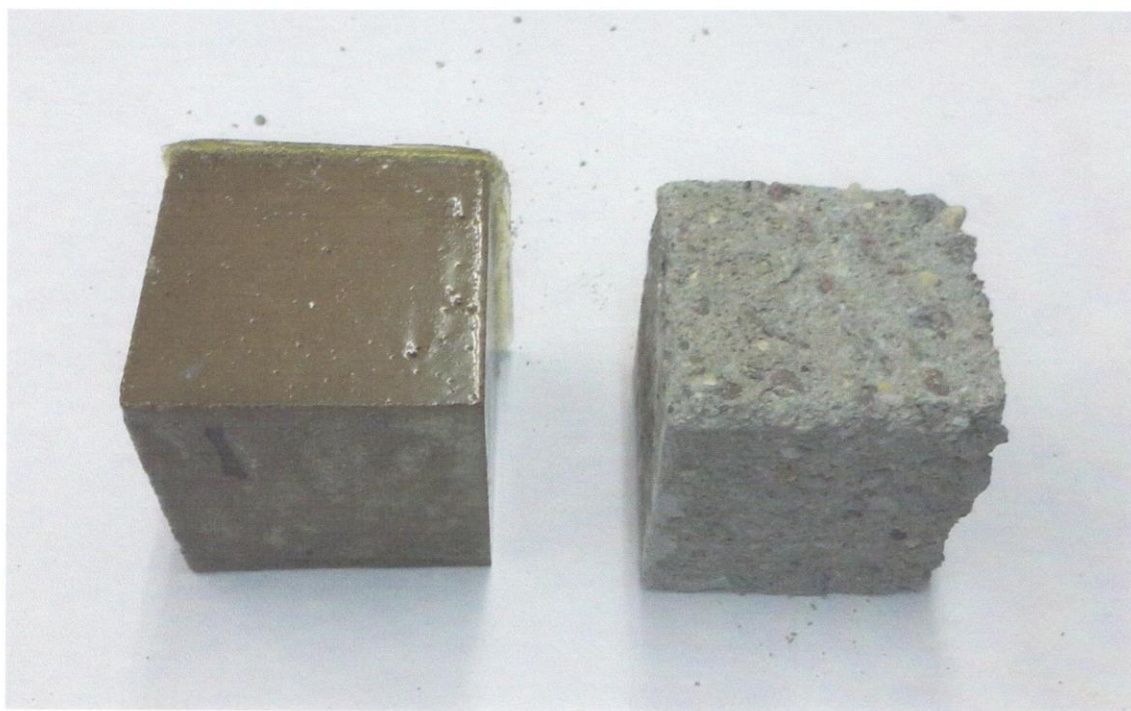


Рис. 7. Внешний вид образцов после 10 циклов испытаний на морозостойкость.



Рис.8. Внешний вид образцов после 15 циклов испытаний на морозостойкость.

Результаты испытаний на морозостойкость показали, что:

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

#### **2.4. Определение трещиностойкости**

Для определения трещиностойкости системы гидроизоляционного покрытия Силор-Ультра 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.

Внешний вид образцов бетона с покрытием Силор-Ультра для испытаний на трещиностойкость представлен на рис.9.

Испытания проводили на приборе, разработанном в лаборатории коррозии и долговечности бетонных и железобетонных конструкций НИИЖБ. Прибор для испытаний на трещиностойкость образцов бетона с покрытием представлен на рис.10.

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.

Результаты испытаний показали, что представленная система гидроизоляционного покрытия Силор-Ультра является трещиностойкой и выдерживает без разрушения ширину раскрытия трещин в бетоне 0,7 мм.

Внешний вид образца бетона с покрытием после испытаний на трещиностойкость представлен на рис.11.

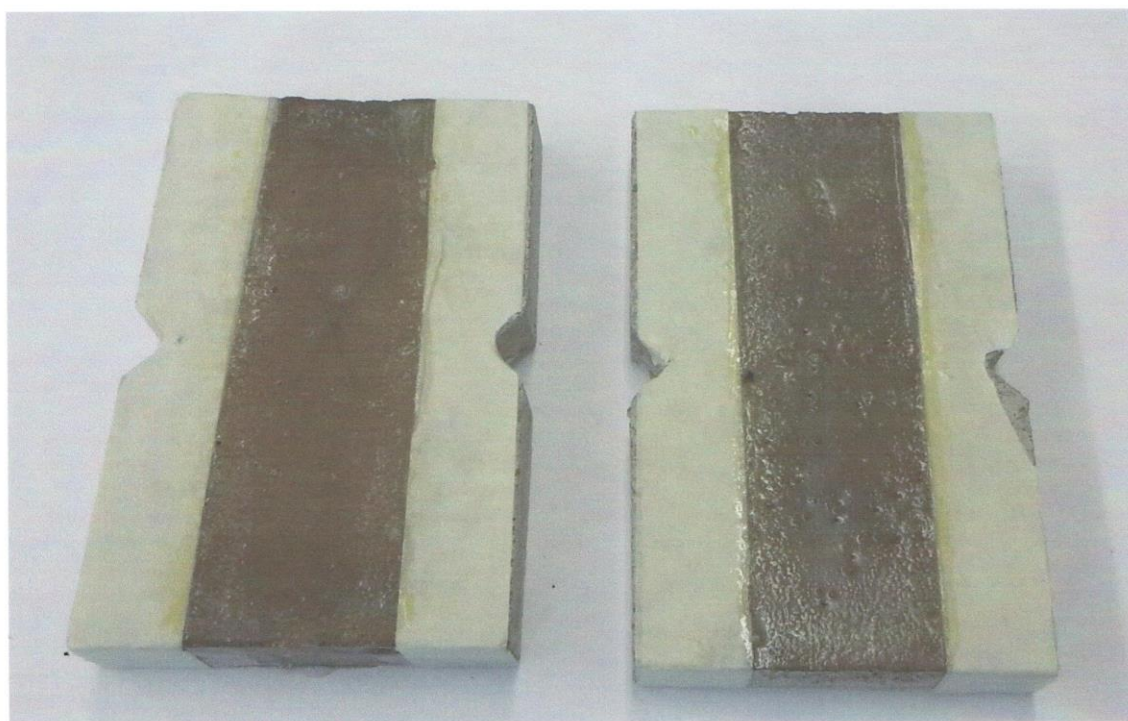


Рис. 9. Внешний вид образцов бетона с покрытием Силор-Ультра для испытаний на трещиностойкость

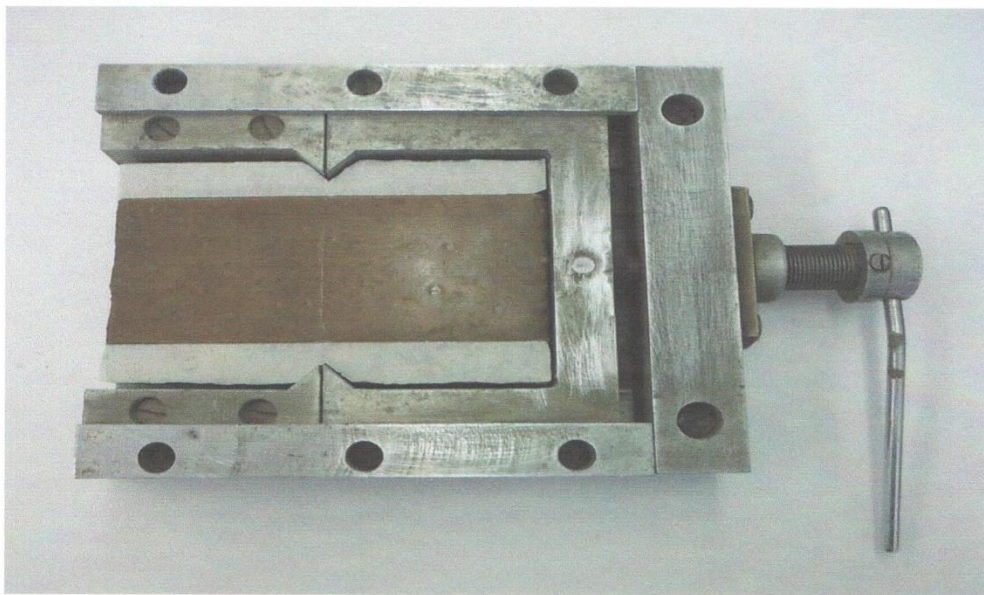


Рис. 10. Прибор для испытаний на трещиностойкость образцов бетона с покрытием.

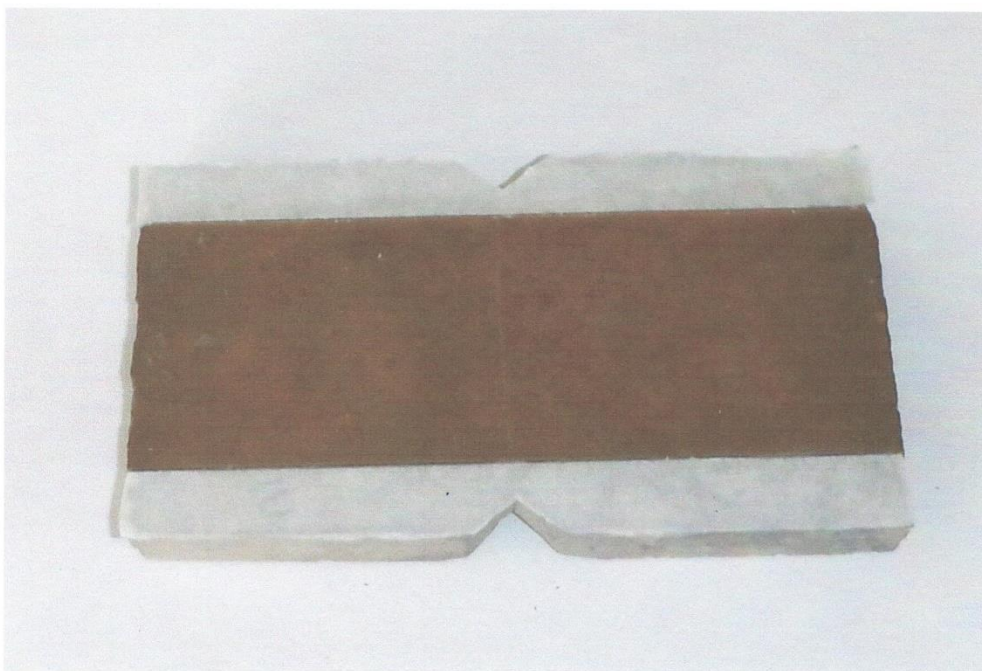


Рис. 11. Внешний вид образца бетона с покрытием после испытаний на трещиностойкость.

## 2.5. Определение прочности сцепления (адгезии) с бетоном.

Определение прочности сцепления системы покрытия Силор-Ультра 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 адгезиметра. В качестве адгезиметра использовали прибор – измеритель прочности сцепления (адгезии) облицовочных и защитных покрытий ПСО-10МГ4 (рис. 10).

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, м<sup>2</sup>.

Общий вид прибора ПСО-10МГ4 приведен на рис. 12, внешний вид образцов до и после испытаний на адгезию представлен на рис. 13.

Результаты определения адгезии системы покрытия Силор-Ультра к бетонной поверхности показали, что покрытие обладает высокой адгезионной прочностью сцепления с бетонной поверхностью. Характер отрыва по телу бетона. Прочность сцепления покрытия с основанием больше значения, полученного при испытании.

Величина адгезии к бетону в возрасте 28 суток составляет не менее 2,2 МПа.



Рис. 12. Измеритель прочности сцепления (адгезии) ПСО-10МГ4.

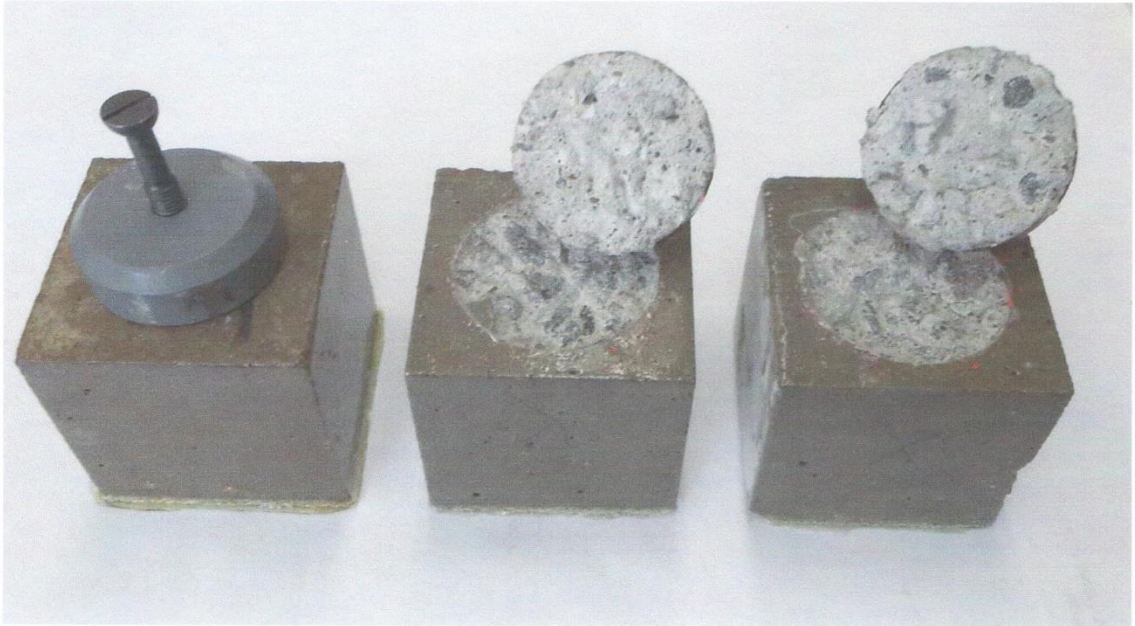


Рис. 13. Внешний вид образцов бетона с системой покрытия Силор-Ультра до испытаний и после испытаний на адгезию.

### 3. Выводы.

Результаты испытаний системы гидроизоляционного покрытия Силор-Ультра на бетоне по основным показателям качества, по сравнению с бетоном без защиты, приведенные в обобщенной таблице 6, позволяют сделать следующие выводы.

1. Система гидроизоляционного покрытия Силор-Ультра обладает высокими эксплуатационными свойствами:

- увеличивает марку бетона по водонепроницаемости при прямом давлении воды на 7 ступеней (с W4 до W18), при обратном давлении воды на три ступени (до W10), по сравнению с бетоном без защиты (W4);

- повышает морозостойкость и морозосолеустойкость бетона в 3 раза (с 200 до 600 циклов);

- снижает величину водопоглощения бетона более чем в 7 раз (с 4,5 до 0,6 %);

2. Система гидроизоляционного покрытия Силор-Ультра является трещиностойкой и может применяться для гидроизоляции и защиты железобетонных конструкций, допускающих образование и раскрытие трещин в процессе эксплуатации до 0,7 мм.

3. Система покрытия Силор-Ультра обладает высокой адгезионной прочностью сцепления с бетонной поверхностью. Величина адгезии к бетону в возрасте 28 суток не менее 2,2 МПа.

4. Система покрытия Силор-Ультра может быть рекомендована для вторичной защиты бетонных и железобетонных конструкций, эксплуатирующихся в условиях воздействия средне и сильноагрессивных 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 (СП 229.1325800.2014) во всех видах промышленного и гражданского строительства, при выполнении как внутренних, так и наружных работ.



Таблица 6.

Результаты испытаний системы покрытия Силор-Ультра 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 Силор-Ультра | Бетон без защиты |
| 1 | Водонепроницаемость, МПа:<br>- прямое давление<br>- обратное давление | ГОСТ<br>31383-2008           | W 18<br>W 10                           | W 4              |
| 2 | Водопоглощение, %   | ГОСТ<br>12730.3 – 78         | 0,6                                    | 4,5              |
| 3 | Морозостойкость, циклы  | ГОСТ<br>31383-2008           | 600                                    | 200              |
| 4 | Трещиностойкость, мм  | ГОСТ<br>31383-2008           | 0,7                                    | –                |
| 5 | Прочность сцепления с бетоном ( адгезия), МПа                         | ГОСТ<br>28574 – 2014         | Не менее 2,2                           | –                |