



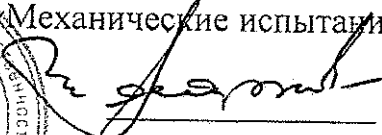
**ИНЖЕНЕРНЫЙ ЦЕНТР**  
МЕХАНИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ И РАСЧЕТЫ

195251, С.-Петербург, ул. Обручевых, д.1,  
Телефон (812) 294-49-53,  
моб. +7 (965) 063-08-77  
1, Obbruchevih, Saint-Petersburg,  
195251, Russia,  
Tel. +7 (812) 294-49-53,  
Tel. +7 (965) 063-08-77,  
E-mail: [info@ic-mir.ru](mailto:info@ic-mir.ru)

УТВЕРЖДАЮ

Директор ООО «Инженерный центр  
«Механические испытания и расчеты»



 Марков С.И.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

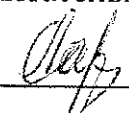
## НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ОТЧЕТ

по теме: «Проведение испытаний по коррозионной стойкости элементов конструкций из оцинкованного и черного металла при взаимодействии монолитного пенобетона»

Заказчик - ООО «ИНТЕХ ЛБ»

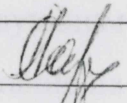
Договор № 126-18 от 25.09.2018 г.

Заведующий испытательной лабораторией

 А. А. Харьков

Санкт-Петербург  
2018 г.

### Список исполнителей

|                       | Подпись, дата                                                                     |              |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Руководитель работы   |                                                                                   |              |
| Зав. исп. лаборатории |  | А.А. Харьков |
| Исполнители           |                                                                                   |              |
| Инженер               |  | М.К. Куракин |
| Инженер               |  | Д.В. Ляшенко |
| Инженер               |  | М.А. Ковалев |

### Нормативные ссылки

ГОСТ 5272 - 68 «Коррозия металлов. Термины»;

ГОСТ 30630.2.5 - 2013 «Методы испытаний на стойкость к механическим внешним воздействующим факторам машин, приборов и других технических изделий. Испытания на воздействие соляного тумана»;

ГОСТ 9.308 - 85 «Покрyтия металлические и неметаллические неорганические. Методы ускоренных испытаний».

*Продукты коррозии* - химические соединения, образующиеся в результате взаимодействия металла с агрессивной средой;

*Пенобетон* - вид ячеистого легкого бетона, получаемый из пензастой смеси, которая приготавливается из цементного теста, поризованного техническими жидкостями, образующими воздушные замкнутые ячейки (поры).

*Пенобетонная смесь* - готовая к применению перемешанная однородная смесь вяжущего, заполнителей и воды с добавлением пенообразователя, которая после схватывания и твердения превращается в пенобетон.

*Водородный показатель* - мера активности ионов водорода в растворе, количественно выражающую его кислотность.

## Термины и определения

*Коррозия металлов* - разрушение металлов вследствие химического или электрохимического взаимодействия их с коррозионной средой;

*Скорость коррозии* - коррозионные потери металла с единицы поверхности в единицу времени;

*Коррозионная стойкость* - способность металла сопротивляться коррозионному воздействию среды;

*Продукты коррозии* - химические соединения, образующиеся в результате взаимодействия металла с агрессивной средой;

*Пенобетон* - вид ячеистого легкого бетона, получаемый из пеномассы, которая приготавливается из цементного теста, поризованного технической пеной, образующей воздушные замкнутые ячейки (поры).

*Пенобетонная смесь* – готовая к применению перемешанная однородная смесь вяжущего, заполнителей и воды с добавлением пенообразователя, которая после схватывания и твердения превращается в пенобетон.

*Водородный показатель* - мера активности ионов водорода в растворе, количественно выражающую его кислотность.

## Содержание

|                                             |    |
|---------------------------------------------|----|
| Введение .....                              | 7  |
| Испытания в камере тепла-влаги-холода ..... | 8  |
| Измерение pH пенобетона .....               | 12 |
| Обсуждение результатов .....                | 13 |
| Заключение .....                            | 14 |
| Рекомендации .....                          | 14 |

транспортировку. Благодаря универсальным и доступным в экономическом плане, пенобетон широко используется как для утепления строений и конструкций, при их возведении.

Исследуемый в рамках работы пенобетон, в свою очередь, применяется как утеплитель, заливаемый в различные конструкции с применением металлического профиля и изделий.

Лабораторией были получены по 5 образцов металлического оцинкованного профиля, толщиной залитого в него пенобетона 3 и 10 мм, а также по 5 образцов металлического профиля без цинкового покрытия с толщиной залитого в него пенобетона 3 и 10 мм. В состав пенобетона входит цемент производства ЗАО «Гипселевский цемент», пенообразователь Foam-X и вода.

Цель испытаний заключается в оценке коррозионной стойкости профилей из оцинкованного и черного металла при контакте с монолитным пенобетоном при повышенных температурах и влажности. В ходе исследований были проведены коррозионная оценка профилей с различной толщиной залитого слоя пенобетона и различным материалом профиля.

## Введение

Пенобетон является строительным материалом, который обладает рядом преимуществ перед другими стеновыми конструкционно-изоляционными материалами. К этим преимуществам можно отнести низкую плотность, высокую прочность, хорошее тепловое сопротивление ограждающих конструкций при минимальных нагрузках на фундамент, а также удобную транспортировку. Являясь универсальным и доступным в экономическом плане, пенобетон широко используется как для утепления строений и конструкций, при их возведении.

Исследуемый в рамках работы пенобетон, в свою очередь, используется как утеплитель, заливаемый в различные конструкции с применением металлического профиля и изделий.

Лабораторией были получены по 5 образцов металлического оцинкованного профиля с толщиной залитого в него пенобетона 5 и 10 мм, а также по 5 образцов металлического профиля без цинкового покрытия с толщиной залитого в него пенобетона 5 и 10 мм. В состав пенобетона входит цемент производства ЗАО «Пикалевский цемент», пенообразователь Foam-X и вода.

Цель испытаний заключалась в оценке коррозионной стойкости профилей из оцинкованного и черного металла при контакте с монолитным пенобетоном при повышенных температурах и влажности. В ходе исследований была проведена коррозионная оценка профилей с различной толщиной залитого слоя пенобетона и различным материалом профиля.

## Испытания в камере тепла-влаги-холода

Для испытаний были предоставлены образцы в виде профилей, заполненных пенобетоном. Образцы имели размеры 50\*100\*5 – 10 мм. Размер образцов выбран исходя из требований ГОСТ 9.308-85, согласно которому площадь исследуемых образцов должна быть не менее 100 см<sup>2</sup>. Образцы отличались как материалом, из которого изготовлен профиль, так и толщиной слоя пенобетона. Подготовка образцов осуществлялась на производственной площадке заказчика. В таблице 1 приведены параметры образцов предоставленных для испытаний.

Таблица 1. Параметры образцов для испытаний

| Номер № | Материал профиля    | Толщина пенобетона, мм |
|---------|---------------------|------------------------|
| 1       | Металл черный       | 5                      |
| 2       | Металл черный       | 5                      |
| 3       | Металл черный       | 5                      |
| 4       | Металл черный       | 5                      |
| 5       | Металл черный       | 5                      |
| 6       | Металл черный       | 10                     |
| 7       | Металл черный       | 10                     |
| 8       | Металл черный       | 10                     |
| 9       | Металл черный       | 10                     |
| 10      | Металл черный       | 10                     |
| 11      | Металл оцинкованный | 5                      |
| 12      | Металл оцинкованный | 5                      |
| 13      | Металл оцинкованный | 5                      |
| 14      | Металл оцинкованный | 5                      |
| 15      | Металл оцинкованный | 5                      |
| 16      | Металл оцинкованный | 10                     |
| 17      | Металл оцинкованный | 10                     |
| 18      | Металл оцинкованный | 10                     |
| 19      | Металл оцинкованный | 10                     |
| 20      | Металл оцинкованный | 10                     |

Перед испытаниями кромки образцов и обратная сторона были изолированы с помощью герметика. На рисунке 1 показан образец, подготовленный для испытаний.

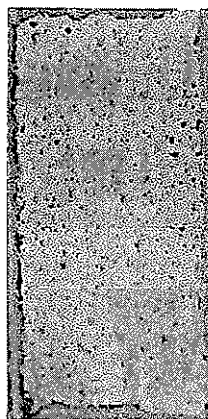


Рис.1. Образец, подготовленный для испытаний

Продолжительность испытаний составила 10 дней с промежуточным извлечением образцов на 5 день. Исследования проводились в камере тепла-холода СМ - 70/100-1000 ТВХ при температуре в  $+ 35 \pm 3$  °С и влажности в 95 %. Образцы в процессе испытаний представлены на рисунке 2.

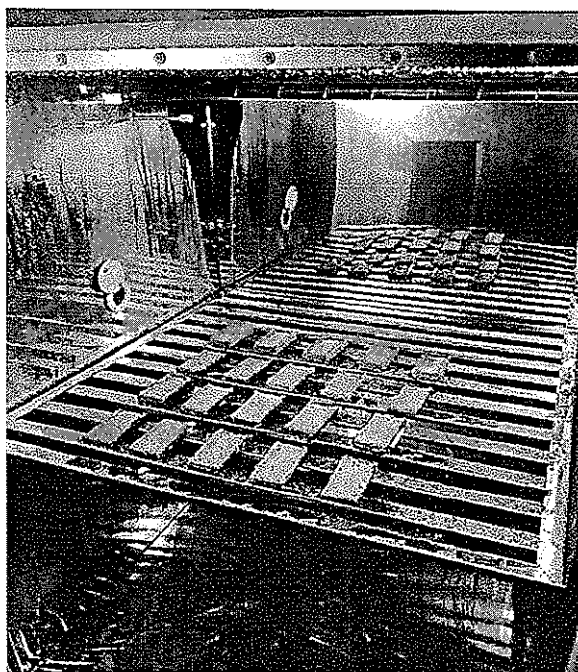
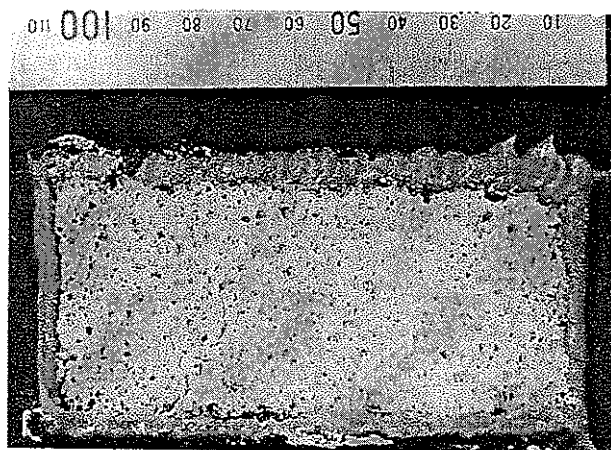


Рис.2. Образцы в процессе испытаний

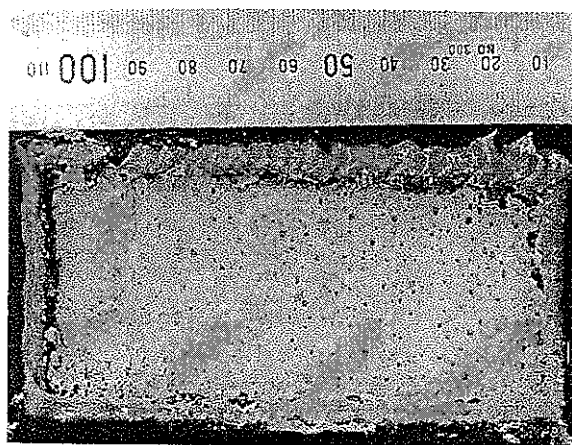
После испытаний образцы высушивались при комнатной температуре 22°С, уровне влажности 45%, в течении пяти часов и проводилась визуальная оценка состояний поверхности пенобетона на наличие следов коррозионных повреждений. На финальном этапе оценки пенобетон удалялся и производилась оценка поверхности профиля. Проникновение влаги

фиксирувалось по наличию продуктов коррозии. В случае с оцинкованными профилями индикатором коррозионных процессов является оксид цинка, присутствующий в виде белых продуктов коррозии. Для профилей, изготовленных из стали, индикатором являются оксиды железа, представленные рыжеватыми продуктами коррозии.

При визуальном осмотре образцов с черным металлом после испытаний были обнаружены продукты коррозии по границе кромок образцов. Это объясняется наличием расстояния между профилем и пенобетоном куда проникает влага. На теле некоторых образцов также присутствовали продукты коррозии. На рисунке 3 приведен пример образца с черным металлом после испытаний с которого был удален пенобетон.



а)



б)

Рис.3, а) испытанный образец с черным металлом до удаления пенобетона, б) испытанный образец с черным металлом после удаления пенобетона.

Разница между образцами, извлечёнными через 5 суток испытаний и 10 суток визуально заметна на образцах с оцинкованным профилем. На рисунке 4 приведены образцы оцинкованного профиля с разной выдержкой в камере ТВХ. Белые отложения на образцах являются продуктами коррозии – оксидом цинка.

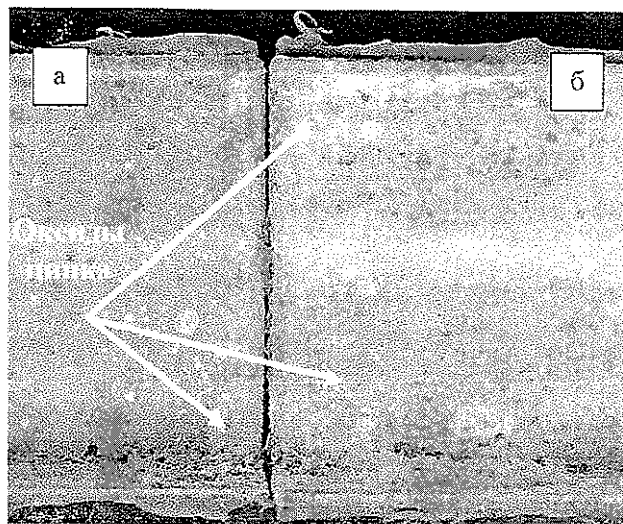


Рис.4, а) образцы с оцинкованным металлом после 5 дней испытаний, б) образцы оцинкованным металлом после 10 дней испытаний.

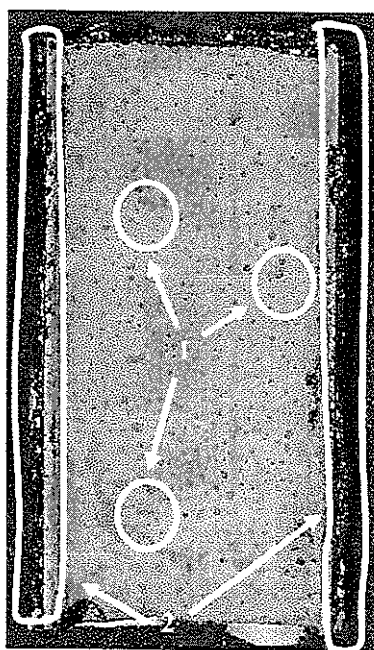


Рис. 5. Образец с черным металлом после испытаний с удаленным слоем пенобетона.

1 – продукты коррозии на теле профиля, 2 – продукты коррозии на кромках.

На всех образцах можно наблюдать распространение коррозионных процессов от стенки профиля.

В целом увеличение сроков проведения испытаний позволило бы проследить эволюцию коррозионных повреждений на теле профиля. По результатам проведенных испытаний на всех образцах имеются продукты коррозии на кромках. На теле оцинкованных профилей не было обнаружено отдельных продуктов коррозии. На трех профилях из черного металла с толщиной 5 мм были обнаружены продукты коррозии на теле профиля. На рисунке 5 приведены коррозионные повреждения этих профилей после испытаний.

### **Измерение pH пенобетона**

Заказчик предоставил компоненты пенобетона, для приготовления смеси и замера показателя pH. Результат измерения представлен на рисунке 6.

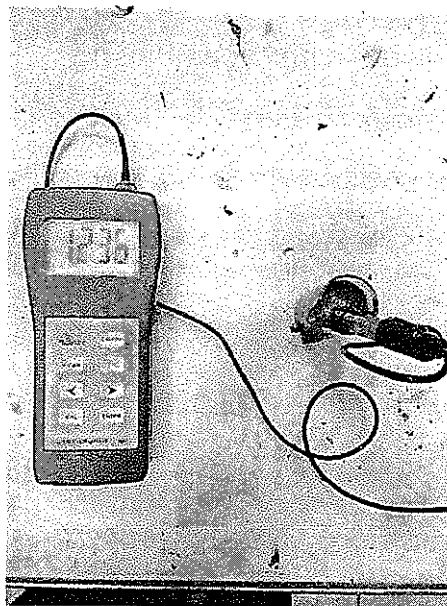


Рис. 6. Измерение pH пенобетонной смеси.

Водородный показатель пенобетонной смеси составил 12,36. Далее провели замер показателя pH, взятого из образцов пенобетона. Результат измерения представлен на рисунке 7.

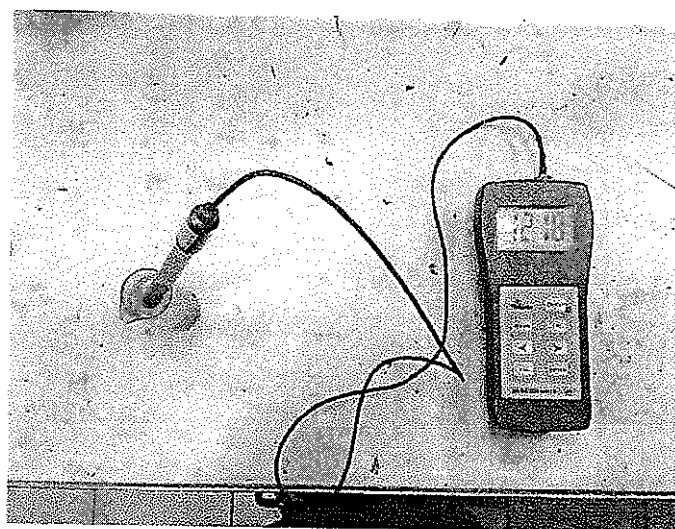


Рис. 7. Измерение pH взятого из образцов пенобетона.

Водородный показатель, взятого из образцов пенобетона, составил 12,18.

Сравнивая данные измерений можно сказать о том, что показатель pH за время испытаний практически не изменился. Измерения проводились в равных объемах пенобетона.

### **Обсуждение результатов**

В результате испытаний в камере ТВХ были получены данные о способности исследуемого пенобетона препятствовать попаданию влаги на тело профиля. Исследования показали, что проницаемость присутствует как на образцах из оцинкованного профиля, так и на образцах профиля из черного металла. Продукты коррозии обнаружены на кромках образцов, что вызвано неплотным прилеганием пенобетона к стенке профиля. Коррозионные процессы распространяются по телу профиля от края к центру. На образцах из черного металла после испытаний были обнаружены точечные поражения на теле поверхности профиля. Это может быть вызвано как неравномерностью нанесенного слоя пенобетона, так и дефектами, образовавшимися в ходе его нанесения. На образцах до испытаний были отмечены трещины пенобетона. Коррозионные повреждения присутствовали на образцах с толщиной слоя пенобетона 5 мм и 10 мм.

С точки зрения коррозионной стойкости цинк обладает большей степенью коррозионной защиты по сравнению с углеродистой сталью. Его использование предпочтительней в условиях атмосферной коррозии.

### **Заключение**

В ходе исследований были проведены испытания образцов профилей из черного и оцинкованного металла, наполненных пенобетоном с толщиной заполнения в 5 и 10 мм. Проведена визуальная оценка проницаемости пенобетона под воздействием повышенной температуры и влажности.

По результатам исследования определено, что при полном контакте с монолитным пенобетоном обеспечивается коррозионная стойкость профилей из черного и оцинкованного металла.

Вследствие высокой щелочности пенобетона происходит пассивация металла (образование защитной пленки).

### **Рекомендации**

Для увеличения коррозионной стойкости профилей из черного металла, рекомендуется обработка грунтовкой. Первый слой грунтовки рекомендуется наносить методом распыления, что позволит предотвратить возникновение пор и пузырей на поверхности.