

Государственный проектно-изыскательский и научно-исследовательский институт морского транспорта

„С о ю з м о р н и и п р о е к т“

Ленинградский филиал  
„ЛЕНМОРНИИПРОЕКТ“

И Н С Т Р У К Ц И Я  
ПО СПРЕДЕЛЕНИЮ СКОРОСТИ РАВНОМЕРНОЙ КОРРОЗИИ  
МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ В МОРСКИХ ПОРТАХ

РД 31.35.09-85

Экз. №

19 г.

Зак. №

МИНИСТЕРСТВО МОРСКОГО ФЛОТА

И Н С Т Р У К Ц И Я  
ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ СКОРОСТИ РАВНОМЕРНОЙ КОРРОЗИИ  
МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ В МОРСКИХ ПОРТАХ

РД 31.85.09-85

г. Москва

**РАЗРАБОТАН**

Государственным проектно-исследовательским  
и научно-исследовательским институтом  
морского транспорта (Союзморниипроект )  
– Ленинградским филиалом  
"ЛЕНМОРНИПРОЕКТ"

Главный инженер – В.А.Фирсов

Руководитель темы, к.т.н. – А.Н.Долинский

Ответственный исполнитель – В.В.Шильников

**УТВЕРЖДЕН**

Государственным проектно-исследовательским  
и научно-исследовательским институтом  
морского транспорта "СОЮЗМОРНИПРОЕКТ"

Главный инженер – Ю.А.Ильницкий

ИНСТРУКЦИЯ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ  
СКОРОСТИ РАВНОМЕРНОЙ КОРРОЗИИ  
МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ В МОРСКИХ  
ПОРТАХ

РД 31.35.09-85

Вводится впервые

Распоряжением главного инженера  
Созаморниипроекта № 67  
от 21.11.1985г. Срок введения  
установлен с 01.10.1986г.

Настоящая Инструкция устанавливает способ дистанционного измерения скорости общей коррозии стальных металлоконструкций портовых гидротехнических и других береговых сооружений (склады, эстакады и т.п.), инженерных сетей и подземных резервуаров со стороны грунта.

Оценка интенсивности язвенной, точечной, межкристаллитной и других видов коррозии, а также стандартные методы определения коррозионной стойкости сталей в настоящей Инструкции не рассматриваются.

Инструкция предназначена для опытного применения.

## 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Под скоростью коррозии металлоконструкций следует принимать глубину проникновения ее в металл ( $\Pi$ ) или удельную потерю массы металла (с единицы площади поверхности конструкции в единицу времени -  $K$ ). Скорость коррозии при этом выражается соответственно в мм/год и г/м<sup>2</sup>.год.

1.2. Скорость коррозии стали следует определять с целью прогнозирования срока службы металлоконструкций, выявления <sup>наиболее</sup> ~~выявления~~ коррозиоопасных объектов в портах, при проектировании противокоррозионных мероприятий и для учета потерь металлов от коррозии.

1.3. В основу способа дистанционного измерения скорости общей коррозии металлоконструкций портовых сооружений положено определение с помощью датчиков коррозионного поражения (датчиков коррозии), уменьшении поперечного сечения образцов, являющихся частью этих датчиков и изготовленных из металла, идентичного металлу конструкций. Датчики коррозии должны размещаться в непосредственной близости от исследуемых конструкций.

1.4. В состав работ по оценке скорости коррозии металлоконструкций должны входить: визуальные наблюдения, собственно определение интенсивности коррозии и обработка результатов исследований.

1.5. При подготовке и проведении работ следует соблюдать требования ГОСТ 9.905-82 "ЕСЗКС. Методы коррозионных испытаний. Общие требования" (приложение I, справочное).

1.6. Стандартные методы оценки коррозионной стойкости сталей в данном РД не рассматриваются.

1.7. Годовые потери стали от коррозии в целом на объекте следует определять как произведение средней скорости коррозии  $K$  (потеря массы стали) на суммарную площадь пораженных участков.

1.8. Оперативный прогноз долговечности металлоконструкций отдельных сооружений необходим в случае, когда происходит изменение агрессивности среды, контактирующей с этими конструкциями (изменение характера груза, увеличение агрессивности стоков и т.п.). Оперативный прогноз следует осуществлять путем измерения остаточной толщины (стенок элементов) металлоконструкций, определения с помощью датчиков коррозии скорости корродирования стали в новых условиях эксплуатации сооружения (за период продолжительностью не менее шести месяцев) и расчета оставшегося срока службы конструкций или физического износа за планируемый период. Результаты этого расчета определяют необходимость проведения защитных мероприятий и вид противокоррозионной защиты.

Долгосрочный прогноз коррозионного поведения конструкций следует осуществлять на основании данных, полученных с помощью датчиков коррозии в конце второго года их работы.

## 2. ПРОВЕДЕНИЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫХ ОБСЛЕДОВАНИЙ

2.1. Целью проведения предварительных обследований металлоконструкций является определение мест и площади коррозионных повреждений, состояния защитных покрытий или устройств, остаточной толщины элементов конструкций.

2.2. При проведении обследований и обмеров следует руководствоваться "Правилами технической эксплуатации портовых сооружений и акваторий" и "Инструкцией по комплексному обследованию морских портовых гидротехнических сооружений".

Все данные обследования наносятся на графические схемы и в журнал наблюдений. Форма журнала приведена в Приложении 2.

2.3. Предварительные обследования металлоконструкций выполняются перед началом работ по оценке интенсивности коррозии стали. Материалы обследования должны использоваться при определении потерь металла и оперативном прогнозировании долговечности конструкций.

2.4. Площадь пораженных коррозией участков для конструкций с противокоррозионной защитой измеряется с точностью до  $1 \text{ м}^2$ . Для незащищенных конструкций за площадь коррозионных повреждений принимается площадь всей поверхности металлоконструкций, контактирующей с агрессивной средой.

На основании выполненных обмеров должна составляться графическая документация, отражающая коррозионное состояние конструкций. С ее помощью выявляются наиболее поврежденные участки сооружения, где в дальнейшем производятся измерения скорости коррозии.

2.5. Остаточную толщину стенок элементов металлоконструкций следует определять либо прямым измерением, используя механические

измерительные приборы и ультразвуковые толщиномеры (например типа УТ-30иЩ, ГСІ УТ-9ІІІ "Кварц"), либо путем взятия образцов стали из конструкции и последующего измерения их толщины. При этом площадь образцов должна быть не менее 100 см<sup>2</sup>, а их количество - не менее трех из каждой зоны сооружения (подводной, переменного уровня воды и надводной).

Измерение толщины образцов следует производить в соответствии с ГОСТ 17532-71 и "Инструкцией по комплексному обследованию морских портовых гидротехнических сооружений".

Погрешность измерения толщины металла ультразвуковыми приборами указана в их технических паспортах и составляет обычно не более 2%.

Элементы конструкций перед измерением толщины их сечений должны быть очищены в местах измерений от окислы, грязи и продуктов коррозии с помощью щеток, скребков и т.п.

2.6. При оценке коррозионного состояния металлоконструкций начальную толщину стенок их элементов следует принимать по справочным данным на соответствующий сортмент проката.

2.7. Результаты измерений должны быть обработаны методом математической статистики.

### 3. ОЦЕНКА СКОРОСТИ КОРРОЗИИ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИИ С ПОМОЩЬЮ ДАТЧИКОВ КОРРОЗИИ

3.1. Датчик коррозионного поражения стали представляет собой устройство для оценки скорости коррозии вмонтированного в него образца из исследуемого металла. Информация о скорости корродирования образца, поступающая от датчика, является косвенной и подлежит обработке. Схема датчика и методика измерения приведены в Приложении 3.

3.2. Датчики коррозионного поражения стали допускается устанавливать в атмосфере, в воде, в зоне переменного уровня воды, в грунте и сыпучих материалах.

3.3. датчики коррозии должны использоваться в комплекте с вторичной измерительной аппаратурой, переносной или стационарной, соединенной с датчиками проводной связью. При необходимости возможна дальняя передача информации с использованием телетайпной системы.

3.4. Скорость коррозии металлоконструкций оценивается в соответствии с п.1.8 на основании информации, полученной минимум от шести датчиков. Для гарантированного получения достаточной информации необходимо устанавливать на одном объекте не менее 8 датчиков.

Скорость коррозии образцов, являющихся элементом датчика коррозии, определяется через площадь их поперечного сечения в начальный момент и в момент времени  $t$ , когда образец потерял часть металла в результате коррозии.

Площадь поперечного сечения корродированного образца  $A_t$  ( $m^2$ ) следует определять следующим образом,

$$A_t = \frac{l}{E \delta_t}, \quad (1)$$

где:  $l$  - длина образца, м;

$E$  - модуль упругости материала образца, Па;

$\delta_t$  - продольная податливость корродированного образца, м/Н;

$$\delta_t = \frac{\delta_{нг} (S_{t0} - S_t) + \delta_{t0} S_{t0}}{S_t}, \quad (2)$$

где:  $\delta_{нг}$  - продольная податливость нагружающего устройства (по паспорту датчика), м/Н;

$S_{t0}$  - усилие в системе датчика в начальный момент, Н;

$S_t$  - усилие в системе датчика в момент времени  $t$ , Н;

$\delta_{t0}$  - продольная податливость некорродированного образца, м/Н;



$$\delta_{t_0} = \frac{l}{EA_{t_0}}, \quad (3)$$

где:  $A_{t_0}$  - площадь поперечного сечения некорродированного образца,  $\text{м}^2$ .

3.5. Глубину проникновения коррозии  $\Pi$  (мм/год) следует определять по результатам измерений, выполненных с помощью датчиков коррозии по формулам:

для образца круглого сечения

$$\Pi = \frac{\left( r - \sqrt{\frac{A_t}{\pi}} \right) \cdot 10^3}{t}, \quad (4)$$

где:  $r$  - радиус некорродированного образца, м;

$t$  - продолжительность испытания, год;

для образцов квадратного сечения

$$\Pi = \frac{(\alpha_k - \sqrt{A_t}) \cdot 10^3}{2t}, \quad (5)$$

где:  $\alpha_k$  - размер стороны квадрата в сечении некорродированного образца, м;

для образца прямоугольного сечения

$$\Pi = \frac{(\alpha_n - \sqrt{eA_t}) \cdot 10^3}{2t}, \quad (6)$$

где:  $\alpha_n$  - размер большей стороны прямоугольника в сечении некорродированного образца, м;

$e$  - отношение длины большей стороны прямоугольника к меньшей.

3.6. Удельную потерю металла от коррозии (в  $\text{г}/\text{м}^2 \cdot \text{год}$ ) для всех случаев следует определять по формуле

$$K = \rho \Pi \quad (7)$$

где:  $\rho$  - плотность стали, кг/м<sup>3</sup>,  
 $\rho = 7800$  кг/м<sup>3</sup>.

#### 4. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИИ

4.1. Результаты измерений скорости коррозии стали, полученные с помощью датчиков, должны быть обработаны методом математической статистики. Обработка осуществляется следующим образом.

4.1.1. Определяются среднеарифметические значения показателей скорости коррозии образцов группы датчиков, установленных в одном месте, по формулам:

$$\bar{\Pi} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Pi_i \quad (8)$$

$$\bar{K} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n K_i \quad (9)$$

где:  $n$  - число датчиков, установленных в одном месте;

$\Pi_i, K_i$  - частные значения показателей скорости коррозии, полученные по результатам измерения одним датчиком.

4.1.2. Исключаются грубые ошибки измерений, т.е. отбрасываются те значения  $\Pi_i$  и  $K_i$ , для которых не выполняются условия:

$$|\bar{\Pi} - \Pi_i| \leq \gg \delta_{см} , \quad (10)$$

$$|\bar{K} - K_i| \leq \gg \delta_{см} , \quad (11)$$

где  $\mathcal{U}$  - статистический критерий, зависящий от количества образцов, принимается по таблице

$n$	$\mathcal{U}$
6	2,07
7	2,18
8	2,27
9	2,35
10	2,41
11	2,47
12	2,52

$\sigma_{см}$  - смещенная оценка среднего квадратического отклонения характеристик, вычисляемая по формулам

$$\tilde{\sigma}_{см} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\bar{\Pi} - \Pi_i)^2}, \quad (12)$$

$$\tilde{\sigma}_{см} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\bar{K} - K_i)^2} \quad (13)$$

4.1.3. Определяется среднеарифметическая величина скорости коррозии с учетом исключения частных значений показателей  $\Pi_i$  и  $K_i$ , попавших в разряд грубых ошибок.

4.1.4. Пример определения скорости коррозии металлоконструкций с помощью датчиков коррозии и обработки результатов наблюдения приведен в приложении 3 (справочном).

**ФОРМА ЖУРНАЛА ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИИ  
ПОРТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ И ПРИМЕР ЕГО ЗАПОЛНЕНИЯ**

№ участка по схеме и его размеры	Элемент металлоконструкций	Зона	Тип и состояние лакокрасочных покрытий	Внешний вид и состояние поверхности металлоконструкций	Площадь пораженных коррозией участков, м <sup>2</sup>	Дополнительные сведения
1 Длина 15 м, высота 0,8 м	Причал № 8. Болверк Шпунт	Надводная, отм. от +0,8 м до +1,6 м	из стального Кузбасслак. Сохранились отдельные фрагменты покрытия	шпунта Отдельные ржавые пятна. Коррозия равномерная. Рыхлые продукты коррозии отсутствуют	6,0	
6 Длина 15 м, высота 1,2 м	Шпунт, распределительный пояс	Переменного уровня воды. от отм. -0,4 м до отм. +0,8 м	Покрытия нет	Вся поверхность покрыта рыхлым толстым слоем продуктов коррозии. Пласты легко отделяются	18,0	В нижней части участка имеются обрастания

ПРИЛОЖЕНИЕ 2  
(обязательное)

КОНСТРУКЦИЯ ДАТЧИКА КОРРОЗИИ  
И МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЙ

Датчик коррозии представляет собой стержневую статически неопределимую систему, состоящую из двух ветвей - образца, подвергающегося коррозии и нагружающего устройства с силоизмерительным элементом. Датчик, конструкция которого представлена на рисунке, состоит из образца 1, который через концевые тяди 2,3 и опорные диски 4,5 нагружается внешней силой. Реактивное усилие передается на корпус датчика 6 и фиксируется натяжной гайкой 8, сферические шайбы 7 служат для предотвращения появления в образце изгибающих моментов, а резьбовые наконечники 9 - для соединения образца с концевыми тягами. Усилие, действующее в системе, измеряется с помощью элемента 10, представляющего собой стальной цилиндр, на внешнюю сторону которого наклеены низкоомные тензорезисторы. Сигнал от тензорезисторов поступает на вторичную регистрирующую автоматическую аппаратуру типа "Причал-2".

Образец, устанавливаемый в датчик, должен быть изготовлен из того же металла, что и исследуемая конструкция. Размеры и форма образца устанавливаются исходя из паспортных данных датчика коррозии.

Подготовка датчика коррозии к работе должна осуществляться следующим образом.

Изготавливается образец исследуемого металла, к которому привариваются, если это требуется, резьбовые наконечники. Продольная ось наконечников при этом должна проходить через центр тяжести сечения образца. Измеряются с точностью до 0,05 мм геометрические размеры образца. Место приварки наконечников

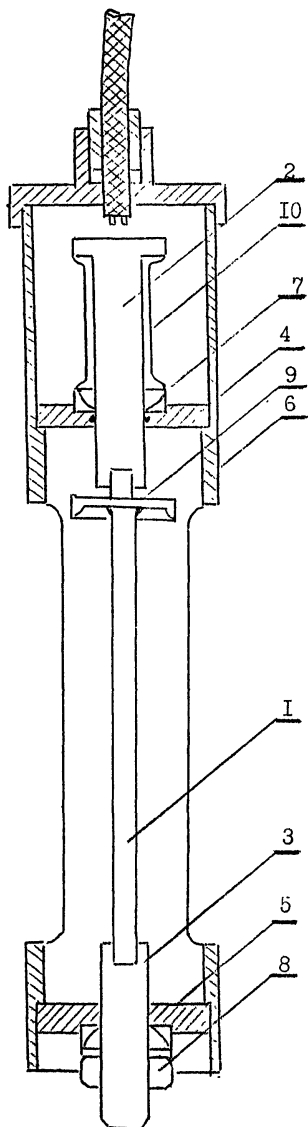


Рис. Схема датчика коррозии

- 1-образец  
 2,3-концевые тяги  
 4,5-опорные диски  
 6-корпус  
 7-сферическая шайба  
 8-натяжная гайка  
 9-резьбовой наконечник  
 10-силоизмерительный элемент

ПРИЛОЖЕНИЕ 2  
(продолжение)

изолируется горячей смесью битума с цементом, приготовленной в соотношении 1:3 по массе.

Образец устанавливается в датчик и натягивается с усилием ( $S_{t_0}$ ), равным 15-16 кН. Величина усилия контролируется по измерительному прибору вторичной аппаратуры.

Заливается гидроизоляция в места сопряжения образца с нагружающим устройством.

Заливается осушенное трансформаторное масло в полость измерительного устройства датчика.

Специальные требования к установке датчиков коррозии не предъявляются. Датчики не должны испытывать механических нагрузок и должны быть защищены от повреждений. Кабели, соединяющие датчик с измерительной или коммутационной аппаратурой, должны быть также защищены от повреждений.

Для определения степени коррозионного поражения образца в требуемый момент времени следует измерить усилие, действующее в системе датчик в этот момент ( $S_t$ ). Это производится путем считывания показания измерительного прибора вторичной аппаратуры и перевода его в значение усилия с помощью тарировочной таблицы или графика. Далее по формулам (2,1,4,5,6,7) Инструкции определяются соответственно продольная податливость образца в момент времени  $t$ , площадь его поперечного сечения и глубина проникновения коррозии (или потеря металла).

ПРИЛОЖЕНИЕ 3  
(справочное)

ПРИМЕР ОБРАБОТКИ ДАННЫХ, ПОЛУЧЕННЫХ С ПОМОЩЬЮ  
ДАТЧИКОВ КОРРОЗИИ, И ОПРЕДЕЛЕНИЯ СКОРОСТИ  
КОРРОЗИИ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ

1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ:

Сооружение - склад калийной соли.

Вид металлоконструкции - балки перекрытия, выполненные из двутавра № 30 с толщиной стенки - 6,5 мм.

Размер сечения образцов 10 x 6,5 мм.

Площадь сечения некорродированных образцов

$$A_{k0} = 65 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2.$$

Длина образцов  $l = 15 \cdot 10^{-2} \text{ м}$ .

Модуль упругости материала образца  $E = 2,1 \cdot 10^{11} \text{ Н/м}^2$ .

Продольная податливость нагружающего устройства датчика коррозии  $\delta_{нг} = 10,2 \cdot 10^{-9} \text{ м/Н}$ .

Количество датчиков - 6.

Срок испытания  $t = 4 \text{ месяца (0,33 года)}$ .

Начальные усилия натяжения датчиков:

$$S_{t01} = 136 \cdot 10^6 \text{ Н}, \quad S_{t04} = 129 \cdot 10^6 \text{ Н},$$

$$S_{t02} = 128 \cdot 10^6 \text{ Н}, \quad S_{t05} = 135 \cdot 10^6 \text{ Н},$$

$$S_{t03} = 132 \cdot 10^6 \text{ Н}, \quad S_{t06} = 134 \cdot 10^6 \text{ Н}.$$

Усилия натяжения датчиков в Н на момент времени  $t$

(через 4 месяца):

$$S_{t1} = 129 \cdot 10^6 \text{ Н}, \quad S_{t4} = 119 \cdot 10^6 \text{ Н},$$

$$S_{t2} = 121 \cdot 10^6 \text{ Н}, \quad S_{t5} = 128 \cdot 10^6 \text{ Н},$$

$$S_{t3} = 125 \cdot 10^6 \text{ Н}, \quad S_{t6} = 126 \cdot 10^6 \text{ Н}.$$



ПРИЛОЖЕНИЕ 3  
(продолжение)

2. ПОРЯДОК РАСЧЕТА

2.1. Определяем продольную податливость некорродированных образцов (условно одинаковую для всех образцов)

$$\delta_{t0} = \frac{l}{EA_{t0}} = \frac{15 \cdot 10^{-2}}{2,1 \cdot 10^{11} \cdot 65 \cdot 10^{-6}} = 11 \cdot 10^{-9} \text{ м/Н}$$

2.2. Определяем продольную податливость корродированных образцов,  $m$  площадь поперечного сечения их на момент времени  $t$  и глубину проникновения коррозии  $\Pi$  по формулам

$$\delta_t = \frac{\delta_{\text{нр}}(S_{t0} - S_t) + \delta_{t0} S_{t0}}{S_t};$$

$$A_t = \frac{l}{E \delta_t};$$

$$\Pi = \frac{(a_n - \sqrt{e A_t}) \cdot 10^3}{2t}.$$

Результаты расчета приведены в таблице

№ датчика	$\delta_t, \text{ м/Н}$	$A_t, \text{ м}^2$	$\Pi, \text{ мм/год}$
1	$12,15 \cdot 10^{-9}$	$58,7 \cdot 10^{-6}$	0,76
2	$12,22 \cdot 10^{-9}$	$58,4 \cdot 10^{-6}$	0,78
3	$12,18 \cdot 10^{-9}$	$58,6 \cdot 10^{-6}$	0,76
4	$12,8 \cdot 10^{-9}$	$55,8 \cdot 10^{-6}$	1,12
5	$12,0 \cdot 10^{-9}$	$59,5 \cdot 10^{-6}$	0,74
6	$12,3 \cdot 10^{-9}$	$58,1 \cdot 10^{-6}$	0,83

ПРИЛОЖЕНИЕ 3  
(продолжение)

2.3. Определим среднеарифметическое значение  $\Pi$

$$\bar{\Pi} = \frac{\sum \Pi_i}{n} = \frac{4,99}{6} = 0,83 \text{ мм/год.}$$

2.4. Определяем отклонение частных значений  $\Pi$  от среднего в мм/год

$$\Pi - \Pi_1 = 0,83 - 0,76 = 0,07$$

$$\Pi - \Pi_2 = 0,05$$

$$\Pi - \Pi_3 = 0,07$$

$$\Pi - \Pi_4 = 0,36$$

$$\Pi - \Pi_5 = 0,09$$

$$\Pi - \Pi_6 = 0,00$$

2.5. Определяем смещенную оценку среднего квадратического отклонения

$$\sigma_{см} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^6 (\bar{\Pi} - \Pi_i)^2} = \sqrt{\frac{1}{6} \cdot 0,15^2} = 0,061 \text{ мм/год ;}$$

$$\sigma_{см} = 2,07 \cdot 0,061 = 0,126 \text{ мм/год}$$

2.6. Отбрасываем результат измерения скорости коррозии датчиком 4, т.к. для него не выполняется условие формулы (10) настоящей Инструкции.

2.7. Определяем среднеарифметическое значение  $\Pi$  после исключения грубой ошибки

$$\bar{\Pi} = 0,77 \text{ мм/год.}$$

2.8. Определяем удельную потерю массы металла в результате его коррозии

$$K = \rho \Pi = 7800 \cdot 0,77 = 6000 \text{ г/м}^2 \cdot \text{год.}$$

## СО Д Е Р Ж А Н И Е

	Стр.
1. Общие положения. . . . .	2
2. Проведение предварительных обследований. . . . .	4
3. Оценка скорости коррозии металлоконструкций с помощью датчиков коррозии . . . . .	5
4. Обработка результатов измерений. . . . .	8
ПРИЛОЖЕНИЯ:	
1. Форма журнала предварительного обследования металлоконструкций портовых сооружений и пример его заполнения . . . . .	10
2. Конструкция датчика коррозии и методика измерений . . . . .	11
3. Пример обработки данных, полученных с помощью датчиков коррозии, и определения скорости коррозии металлоконструкций. . . . .	14
4. Перечень нормативно-технических документов, упомянутых в РД. . . . .	17