

DOI: 10.17122/ntj-oil-2020-4-88-99

УДК 620.193.27

Л.П. Худякова (Научно-технический центр трубопроводного транспорта ООО «Научно-исследовательский институт трубопроводного транспорта», г. Уфа, Российская Федерация), **И.А. Флегентов** (ООО «Научно-исследовательский институт трубопроводного транспорта», г. Москва, Российская Федерация), **Р.А. Харисов** (Научно-технический центр трубопроводного транспорта ООО «Научно-исследовательский институт трубопроводного транспорта», г. Уфа, Российская Федерация), **О.Ю. Жевелев** (ООО «Научно-исследовательский институт трубопроводного транспорта», г. Москва, Российская Федерация), **А.А. Шестаков, И.Р. Фархетдинов** (Научно-технический центр трубопроводного транспорта ООО «Научно-исследовательский институт трубопроводного транспорта», г. Уфа, Российская Федерация)

ИССЛЕДОВАНИЕ КОРРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ СТАЛЕЙ К ВОЗДЕЙСТВИЮ МОРСКОЙ ВОДЫ

Larisa P. Hudyakova (Scientific and Technical Center of Pipeline Transport, LLC, Pipeline Transport Institute, LLC (Transneft R&D, LLC), Ufa, Russian Federation), **Ilya A. Flegentov** (Pipeline Transport Institute, LLC (Transneft R&D, LLC), Moscow, Russian Federation), **Rustam A. Harisov** (Scientific and Technical Center of Pipeline Transport LLC Scientific Research Institute of Pipeline Transport, Ufa, Russian Federation), **Oleg Yu. Zhevelev** (Pipeline Transport Institute, LLC (Transneft R&D, LLC), Moscow, Russian Federation), **Alexander A. Shestakov, Ilshat R. Farhetdinov** (Scientific and Technical Center of Pipeline Transport LLC Scientific Research Institute of Pipeline Transport, Ufa, Russian Federation)

STUDY OF STEELS CORROSION RESISTANCE TO SEAWATER IMPACT

Введение

Применение углеродистых сталей в морской воде не обеспечивает достаточной степени защиты трубопроводов и оборудования от коррозии, использование легированных сталей осложняется их склонностью к локализации коррозионных процессов.

Background

The use of carbon steels in seawater does not provide a sufficient degree of pipelines and equipment protection from corrosion, the use of alloy steels is complicated by their tendency to localized corrosion processes.

Цели и задачи

Исследовать влияние воздействия морской воды на коррозионную стойкость сталей марок 10X17H13M2T, 12X18H12M3TЛ, 20Л и 20X13, допускаемых для изготовления запорной арматуры.

Результаты

1. Стали марок 10X17H3M2T и 12X18H12M3TЛ обладают высокой коррозионной стойкостью в моделях морской воды как Финского залива, так и залива Находка. Скорость общей коррозии не превышает 0,004 мм/год, питтинговая коррозия отсутствует.

2. Сталь марки 20Л обладает низкой коррозионной стойкостью в моделях морской воды. Скорость общей коррозии этой стали **в статике** составляет 0,28 мм/год в модели морской воды Финского залива и 0,17 мм/год в модели залива Находка; **в динамике** - 0,51 мм/год для Финского залива и 0,26 мм/год для залива Находка. Скорость локальной коррозии в моделях морской воды составила 0,69-0,79 мм/год.

3. Скорость общей коррозии стали марки 20X13 в моделях морской воды составляет 0,01-0,05 мм/год, однако сталь данной марки наиболее сильно склонна к точечной коррозии. Скорость локальной коррозии в модели морской воды залива Находка составила 11,7 мм/год.

Aims and Objectives

To investigate the effect of seawater impact on the corrosion resistance of 10X17H13M2T, 12X18H12M3TЛ, 20Л and 20X13 steels, allowed for valves manufacture.

Results

1. 10X17H3M2T and 12X18H12M3TЛ steels have high corrosion resistance in seawater models of both the Gulf of Finland and the Gulf of Nakhodka. The rate of general corrosion does not exceed 0.004 mm per year, there is no pitting corrosion.

2. 20 Л steel has low corrosion resistance in seawater models. The rate of general corrosion of this steel in static is 0.28 mm per year in the model of seawater in the Gulf of Finland and 0.17 mm per year in the model of the Nakhodka Bay; in dynamics - 0.51 mm per year for the Gulf of Finland and 0.26 mm per year for the Gulf of Nakhodka. Local corrosion rate in seawater models was 0.69-0.79 mm per year.

3. The rate of general corrosion of 20X13 steel in seawater models is 0.01-0.05 mm per year; however, this steel is much susceptible to pitting corrosion. The local corrosion rate in the seawater model of the Gulf of Nakhodka was 11.7 mm per year.

Ключевые слова: трубопровод; сталь; коррозионная стойкость; скорость коррозии; морская вода; лабораторные исследования

Key words: pipeline; steel; corrosion resistance; corrosion rate; sea water; laboratory research

Морская вода, являющаяся нейтральным электролитом, может в среднем содержать от 4 % солей в водах заливов и морей в местах впадения рек и до 35 % в воде открытых морей и океанов.

Солевой состав включает хлориды и сульфаты натрия, калия, кальция и магния. Содержание кислорода колеблется в зависи-

мости от минерализации и температуры воды от 4 до 10 мг/л.

Коррозия протекает по смешанному диффузионно-кинетическому катодному контролю: в неподвижной среде и при наличии на поверхности металла труднорастворимых продуктов коррозии - диффузионный катодный контроль, в условиях движения морской

воды и интенсивной аэрации превалирует кинетический контроль.

Применение углеродистых сталей в морской воде не обеспечивает достаточной степени защиты трубопроводов и оборудования от коррозии, использование легированных сталей осложняется их склонностью к локализации коррозионных процессов.

Низколегированные стали имеют невысокую коррозионную стойкость в средах, содержащих хлориды, инициирующие процессы питтингообразования и облегчающие анодный процесс растворения металла [1].

В работах [2, 3] отмечается, что на степень пассивности оксидной пленки большое влияние оказывает соотношение в ней железа и хрома. Чем больше в пленке хрома, тем более она пассивна и меньше вероятность питтингообразования.

В.А. Карповым [4] показана доминирующая роль биокоррозионных процессов в коррозии металла в морской воде. Формирование микробиологической пленки на поверхности металла может в десятки раз ускорять коррозию в морских условиях.

Срок службы кремнемарганцовистых и углеродистых сталей в морской воде без дополнительной защиты составляет 6-15 мес., применение хромистых и хромомолибденовых сталей также не обеспечивает увеличения срока службы оборудования вследствие их склонности к точечной коррозии.

В настоящей работе исследовано влияние воздействия морской воды на коррозионную стойкость сталей марок 10X17H13M2T, 12X18H12M3TЛ, 20Л и 20X13, допускаемых для изготовления запорной арматуры.

Коррозионные исследования проводились в лабораторных условиях на моделях морской воды Финского залива (минерализация 3 г/л) и залива Находка (минерализация 36 г/л)

Расчет моделей морской воды осуществлялся на основании химических составов морской воды Финского залива и залива Находка, определенных в лабораторных условиях.

Результаты расчета моделей приведены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты расчета моделей морской воды заливов Находка и Финского

Солевой состав, мг/дм ³	залив Находка	Финский залив
NaCl	23360,65	1832,77
CaCl ₂	908,37	184,78
MgCl ₂	4029,23	78,72
NaHCO ₃	193,22	94,37
(Na ₂ SO ₄ ·10H ₂ O)	7452,5	881,60

Образцы для коррозионных испытаний (плоские для гравиметрии и цилиндрические для электрохимии) обезжировали, выдерживали в эксикаторе с влагопоглотителем 24 ч и взвешивали на аналитических весах с погрешностью не более 0,0001 г.

Подготовленные образцы, по одному из каждой марки стали, устанавливали в емкости с моделью морской воды (объемом не менее 5 дм³), как показано на рисунке 1.

Емкости с образцами устанавливали на магнитные мешалки и включали перемешивание на 8 ч.

Производили замеры скорости коррозии электрохимическим методом в первые сутки не менее 3-х раз, далее не менее 2-х раз в сутки (перед включением и выключением перемешивания).

Через 8 ч перемешивание отключали и оставляли испытательные ёмкости в статике на 16 ч. Циклы повторяли в течение 30 сут. Испытания проводили при комнатной температуре.

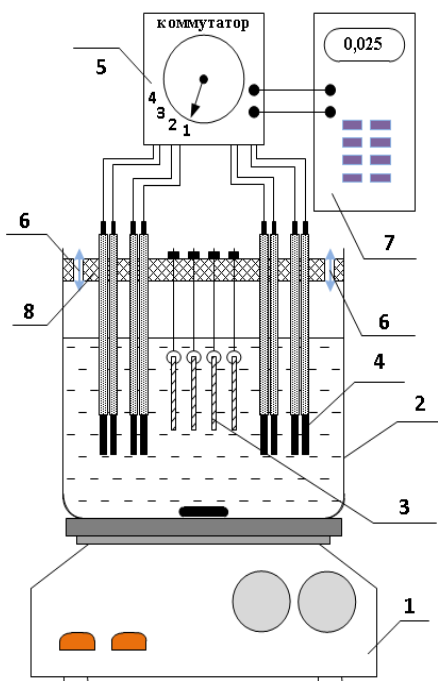
После окончания испытаний с образцов удаляли продукты коррозии моющим раствором (по ГОСТ 9.907), промывали образцы водопроводной водой, высушивали и после выдержки в эксикаторе взвешивали. По потере массы образцов определяли общую скорость

коррозии; по глубине коррозионных поражений, определенных микрометрическим методом, рассчитывали скорость локальной коррозии.

Сравнительные результаты определения скорости коррозии сталей марок 10X17H3M2T, 12X18H12M3TЛ, 20Л и 20X13 в моделях морской воды Финского залива и залива Находка гравиметрическим методом (на плоских и цилиндрических образцах - электродах) и методом LPR приведены в таблице 2.

По результатам испытаний образцы сталей 12X18H12M3TЛ и 10X12H3M2T показали высокую коррозионную стойкость в моделях морской воды заливов Находка и Финского как в статике, так и в динамике (таблица 2), скорость общей коррозии составила 0-0,004 мм/год.

На рисунках 2-5 приведены кривые изменения скорости коррозии сталей марок 20X13 и 20Л в моделях морской воды методом LPR.



- 1 - магнитная мешалка;
- 2 - емкость для испытаний в модели морской воды;
- 3 - кассета с образцами;
- 4 - электроды (4 пары);
- 5 - коммутатор;
- 6 - свободный доступ воздуха;
- 7 - коррозиметр;
- 8 - крышка

Рисунок 1. Схема установки образцов и датчиков

Таблица 2. Результаты определения скорости коррозии в моделях морской воды Финского залива и залива Находка (время испытаний 30 сут)

Марка стали	Модель морской воды Финского залива			Модель морской воды залива Находка		
	Скорость общей коррозии, мм/год					
	Плоские образцы	Цилиндрические образцы	Метод LPR статика / динамика	Плоские образцы	Цилиндрические образцы	Метод LPR статика / динамика
10X17H3M2T	0	0,001	0	0	0,002	0
20X13	0,02	0,04	0,01/0,01	0,03	0,05	0,01/0,01
20Л	0,20	0,22	0,28/0,51	0,13	0,17	0,17/0,26
12X18H12M3ТЛ	0	0,002	0	0	0,004	0

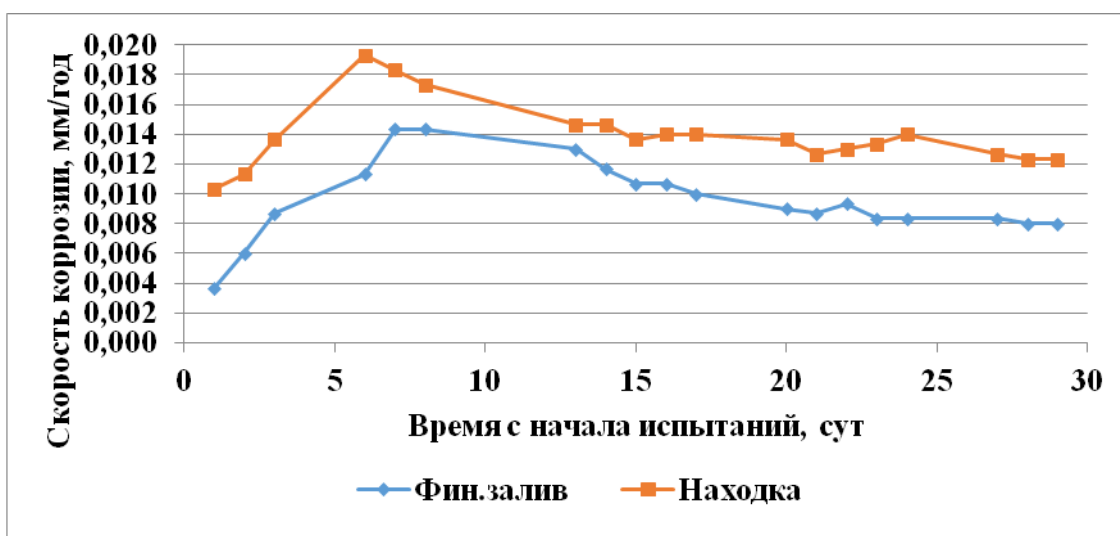


Рисунок 2. Изменение скорости коррозии стали марки 20X13 в моделях морской воды Финского залива и залива Находка в динамике, средние значения

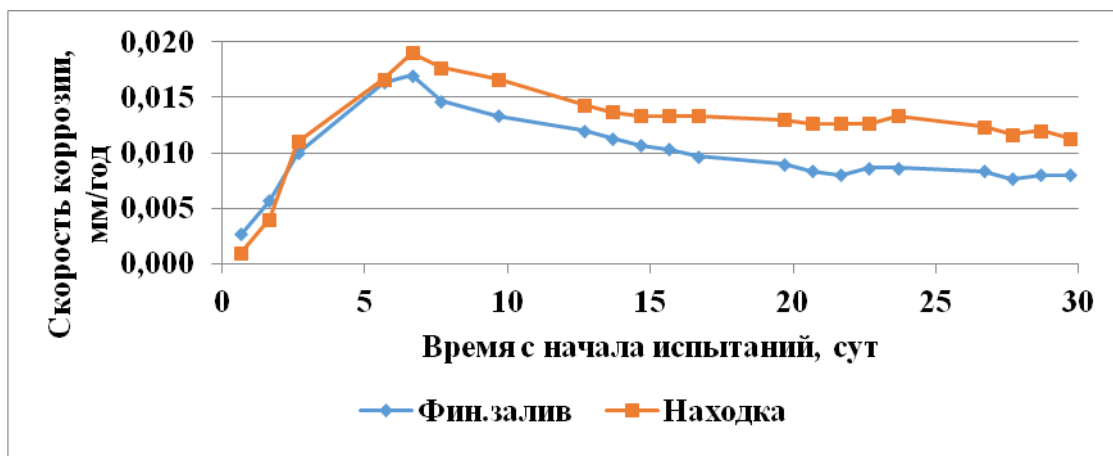


Рисунок 3. Изменение скорости коррозии стали марки 20X13 в моделях морской воды Финского залива и залива Находка в статике, средние значения

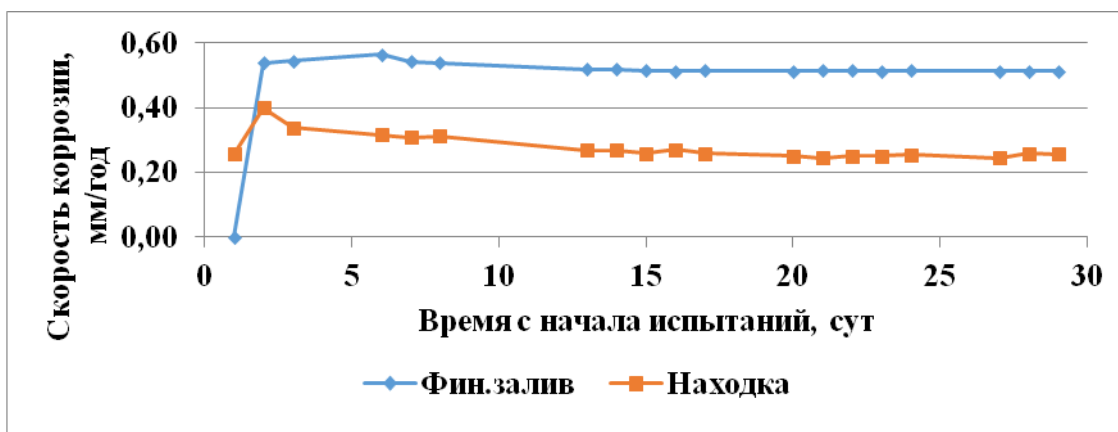


Рисунок 4. Изменение скорости коррозии стали марки 20Л в моделях морской воды Финского залива и залива Находка в динамике, средние значения

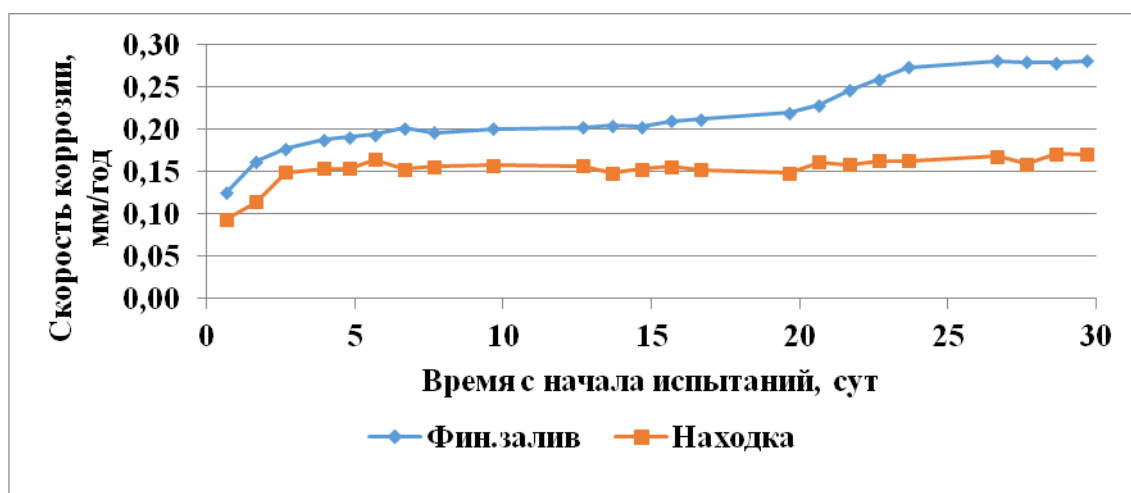


Рисунок 5. Изменение скорости коррозии стали марки 20Л в моделях морской воды Финского залива и залива Находка в статике, средние значения

Стали марок 20X13 и 20Л обладают более низкой коррозионной стойкостью, скорость общей коррозии для стали 20X13 составила 0,02-0,05 мм/год. Для стали 20Л скорость коррозии составила 0,15-0,25 мм/год в модели морской воды залива Находка и 0,28-0,51 мм/год в модели Финского залива (таблица 2, рисунки 2-5).

После испытаний в морской воде плоские образцы исследовались на инвертированном оптическом микроскопе Axio Observer.Z1m.

В таблице 3 приведены значения глубины питтингов, замеренные на микроскопе, и значения скорости локальной коррозии, рассчитанные по максимальной глубине коррозионных поражений.

Результаты исследований свидетельствуют об отсутствии локальной коррозии на образцах стали марок 12X18H12M3ТЛ и 10X12H3M2Т, для стали марки 20Л скорость локальной коррозии достигает 0,69 мм/год в модели морской воды Финского залива и 0,79 мм/год для залива Находка, т.е. с увеличением минерализации морской воды скорость локальной коррозии незначительно увеличивается.

Лидирующее положение среди исследованных сталей по склонности к питтингообразованию в высокоминерализованной морской воде заняла сталь марки 20X13. Скорость локальной коррозии в модели залива Находка составила для неё 11,7 мм/год (рисунок 6, № 1), при этом в модели с низкой минерализацией локальные поражения на поверхности образцов отсутствуют (рисунок 6, № 2).

На рисунке 6 приведен вид образцов стали 20X13 в моделях морской воды.

Подавляющее большинство питтингов возникает на поверхности лишь в первые минуты и новые питтинги с течением времени появляются редко.

Объясняется это тем, что возникшие вначале питтинги являются точечными протекторами, сильно уменьшающими вероятность появления питтингов в других местах поверхности.

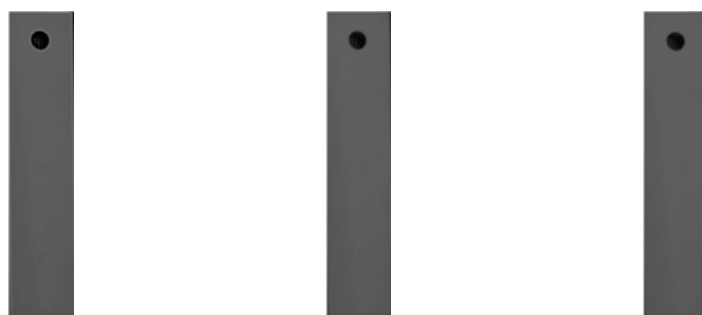
Оценка коррозионной активности моделей морской воды по значениям общей и локальной коррозии исследованных марок стали (по стандарту NACE - Standard RP0775-2005, таблица 4) указывает на высокую коррозионную активность моделей морской воды по отношению к маркам стали 20Л и 20X13.

Таблица 3. Результаты определения скорости локальной коррозии

Марка стали	Модель морской воды Финского залива		Модель морской воды залива Находка	
	Глубина питтинга, мкм	Скорость локальной коррозии, мм/год	Глубина питтинга, мкм	Скорость локальной коррозии, мм/год
10X17H3M2T	-	-	-	-
20X13	-	-	961,5	11,7
20Л	56,9	0,69	71,2	0,79
12X18H12M3ТЛ	-	-	-	-



№ 1



№ 2

Рисунок 6. Поверхность образцов стали 20X13 после испытаний в моделях морской воды залива Находка (№ 1) и Финского залива (№ 2)

Таблица 4. Классификация сред по коррозионной активности

NACE Standard RP0775-2005		
Скорость коррозии, мм/год	общая	локальная
Низкая скорость коррозии	< 0,025	< 0,13
Средняя	0,025-0,12	0,13-0,20
Высокая	0,13-0,25	0,21- 0,38
Очень высокая	> 0,25	> 0,38

Для оценки склонности сталей к питтинговой коррозии в высокоминерализованной морской воде нами использовался дополнительный параметр - ЭСП (эквивалент сопротивления питтинговой коррозии), полученный эмпирически и проверенный в ходе лабораторных испытаний [5, 6], который рассчитывается по формуле:

$$\text{ЭСП} = \%Cr + 3,3 \cdot \%Mo + 16 \cdot \%N.$$

В таблице 5 приведены значения ЭСП, рассчитанные по данным химического состава исследованных сталей, и коэффициента питтингообразования, который представляет собой отношение средней глубины всех питтингов к условной глубине, вычисленной по потере массы при допущении, что коррозия

носит равномерный характер. Средняя и максимальная глубины коррозионных поражений измеряются экспериментально.

Из таблицы 5 следует, что эквивалент сопротивления питтинговой коррозии стали 20X13 в два раза ниже, чем у сталей марок 12X18H12M3ТЛ и 10X17H13M2Т, а её коэффициент питтингообразования в модели морской воды залива Находка составил 460,6 ед. Это указывает на высокую склонность стали 20X13 к точечной коррозии в высокоминерализованной среде.

Глубина проникновения коррозии для этой стали в питтингах после воздействия высокоминерализованной модели морской воды залива Находка в 460 раз превышает её среднюю величину, вычисленную по потере массы.

Таблица 5. Расчетные значения эквивалентов сопротивления питтинговой коррозии и экспериментально полученные коэффициенты питтингообразования для исследованных сталей

Марка стали	Эквивалент сопротивления питтинговой коррозии (ЭСП)	Коэффициент питтингообразования	
		Финский залив	Залив Находка
12X18H12M3ТЛ	29,2	0	0
10X17H13M2Т	27,9	0	0
20X13	14	0	460,6
20Л	0	3,4	5,9

По-видимому, сравнительно большое количество углерода (0,22 %) расходуется на образование карбидов хрома, что ведет к локальному обеднению матрицы хромом, повышению химической и структурной гетерогенности стали и росту ее склонности к точечному коррозионному поражению.

Высоколегированные хромоникелевые стали марок 12X18H10T и 10X17H13M2T более коррозионностойки в морской воде.

Применение анодной защиты стали 10X17H13M2T в нейтральных средах нецелесообразно, т.к. эффект от ее применения незначительный (на 0,003 мм/год), что не имеет практического значения [7].

В настоящее время литые детали арматуры изготавливают из коррозионностойких сталей типа 12X18H9ТЛ, а в более ответственных случаях - 12X18H12МЗТЛ, бронз и конструкционных сплавов на основе титана [6]. Согласно [8], коррозионностойкая сталь марки 12X18H12МЗТЛ применяется для деталей арматуры, работающих в контакте с морской водой, а также в зонах периодического смачивания и брызг. Установка протекторов при этом является обязательной.

Список литературы

1. Попова А.А. Методы защиты от коррозии. СПб.: Лань, 2014. 271 с.
2. Наривский А.Э., Солидор Н.А. Коррозионные процессы и скорость роста питтингов сталей AISI 304 и 08X18H10T в модельных оборотных водах // Вестник Приазовского государственного технического университета. Серия: Технические науки. 2011. № 23. С. 87-97.
3. Харина Г.В., Ведерников А.С., Садриев Р.С. Ингибирование коррозии стали 20Л в хлоридсодержащих средах // Молодой учёный. 2016. № 8 (112). С. 104-108.
4. Карпов В.А. Биокоррозия в морской воде и основы применения защитных покрытий: дис. ... д-ра техн. наук. М.: МГВМИ, 2012. 333 с.
5. Малигас М. Выбор материалов для шельфовой арматуры // Материалы в машиностроении. 2011. № 3 (72). С. 67-71.
6. Мурадян С.О. Структура и свойства литевой коррозионностойкой стали, легированной

Выводы

1. Стали марок 10X17H3M2T и 12X18H12M3ТЛ обладают высокой коррозионной стойкостью в моделях морской воды как Финского залива, так и залива Находка.

Скорость общей коррозии не превышает 0,004 мм/год, питтинговая коррозия отсутствует.

2. Сталь марки 20Л обладает низкой коррозионной стойкостью в моделях морской воды. Скорость общей коррозии этой стали *в статике* составляет 0,28 мм/год в модели морской воды Финского залива и 0,17 мм/год в модели залива Находка; *в динамике* - 0,51 мм/год для Финского залива и 0,26 мм/год для залива Находка.

Скорость локальной коррозии в моделях морской воды составила 0,69-0,79 мм/год.

3. Скорость общей коррозии стали марки 20X13 в моделях морской воды составляет 0,01-0,05 мм/год, однако сталь данной марки наиболее сильно склонна к точечной коррозии.

Скорость локальной коррозии в модели морской воды залива Находка составила 11,7 мм/год.

References

1. Popova A.A. *Metody zashchity ot korrozii* [Corrosion Protection Methods]. Saint-Petersburg, Lan' Publ., 2014. 271 p. [in Russian].
2. Narivskii A.E., Solidor N.A. Korroziionnye protsessy i skorost' rosta pittingov staley AISI 304 i 08Kh18N10T v model'nykh oborotnykh vodakh [Corrosion Processes and Growth Rate of AISI 304 and 08X18H10T Steel Pitting in Model Circulating Waters]. *Vestnik Priazovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Tekhnicheskije nauki - Reporter of the Priazovskyi State Technical University. Section: Technical Sciences*, 2011, No. 23, pp. 87-97. [in Russian].
3. Kharina G.V., Vedernikov A.S., Sadriev R.S. Ingibirovanie korrozii stali 20L v khloridsoderzhashchikh sredakh [Inhibition of Corrosion of Steel 20L in Chloride-Containing Environments]. *Molodoi uchenyi - Young Scientist*, 2016, No. 8 (112), pp. 104-108. [in Russian].
4. Karpov V.A. *Biokorroziya v morskoi vode i os-*

азотом: дис. ... канд. техн. наук. М.: Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН, 2016. 132 с.

7. Луан Цзян Фэн. Взаимозаменяемость коррозионностойких сталей типа 18-10 производства разных стран: дис. ... канд. техн. наук. Уфа: УГНТУ, 2004. 117 с.

8. СТ ЦКБА 054-2008. Арматура трубопроводная. Конструкционные материалы для деталей трубопроводной арматуры, работающей в коррозионно-активных средах. Технические требования. СПб.: НПФ ЦКБА, 2016. 71 с.

novy primeneniya zashchitnykh pokrytii: dis. d-ra. tekhn. nauk [Biocorrosion in Seawater and the Basics of Using Protective Coatings: Doct. Engin. Sci. Diss.]. Moscow, MGVM Publ., 2012. 333 p. [in Russian].

5. Maligas M. Vybor materialov dlya shelf'voiv armatury [Selection of Materials for Offshore Rebar]. *Materialy v mashinostroenii - Materials in Mechanical Engineering*, 2011, No. 3 (72), pp. 67-71. [in Russian].

6. Muradyan S.O. *Struktura i svoistva liteinoy korroziionnostoikoi stali, legirovannoy azotom: dis. kand. tekhn. nauk* [Structure and Properties of Nitrogen Alloyed Cast Corrosion Resistant Steel: Cand. Engin. Sci. Diss.]. Moscow, Institut metallurgii i materialovedeniya im. A.A. Baikova RAN Publ., 2016. 132 p. [in Russian].

7. Luan Tszyan Fen *Vzaimozamenyaemost' korroziionnostoikikh staley tipa 18-10 proizvodstva raznykh stran: dis. kand. tekhn. nauk* [Interchangeability of Type 18-10 Corrosion-Resistant Steels from Different Countries: Cand. Engin. Sci. Diss.]. Ufa, UGNTU Publ., 2004. 117 p. [in Russian].

8. *ST TsKBA 054-2008. Armatura truboprovodnaya. Konstruktsionnye materialy dlya detalei truboprovodnoi armatury, rabotayushchei v korroziionno-aktivnykh sredakh. Tekhnicheskie trebovaniya* [ST TsKBA 054-2008. Pipe Fittings. Materials of Construction for Parts of Pipeline Fittings Operating in Corrosive Environments. Technical Requirements]. Saint-Petersburg, NPF TsKBA Publ., 2016. 71 p. [in Russian].

Авторы

• Худякова Лариса Петровна, д-р техн. наук, профессор
НТЦ ООО «НИИ Транснефть»
Главный научный сотрудник
управления стали, сварки и защиты от коррозии
Российская Федерация, 450055, г. Уфа,
пр. Октября, 144/3
e-mail: HudyakovaLP@niitnn.transneft.ru

• Флегентов Илья Александрович
ООО «НИИ Транснефть»
Заведующий лабораторией
механо-технологического оборудования
Российская Федерация, 117186, г. Москва,
Севастопольский проспект, 47а
e-mail: FlegentovIA@niitnn.transneft.ru

The Authors

• Hudyakova Larisa P., Doctor of Engineering
Sciences, Professor
STC Transneft R&D, LLC
Chief Researcher of Steel, Welding and Corrosion
Protection Department
144/3, Oktyabrya ave., Ufa, 450055,
Russian Federation
e-mail: HudyakovaLP@niitnn.transneft.ru

• Flegentov Ilya A.
Pipeline Transport Institute, LLC (Transneft R&D,
LLC)
Head of Mechanical-Processing Equipment
Laboratory
47a, Sevastopolsky ave., Moscow, 117186,
Russian Federation
e-mail: FlegentovIA@niitnn.transneft.ru

• Харисов Рустам Ахматнурович, д-р техн. наук
НТЦ ООО «НИИ Транснефть»
Начальник управления стали, сварки
и защиты от коррозии
Российская Федерация, 450055, г. Уфа,
пр. Октября, 144/3
e-mail: HarisovRA@niitnn.transneft.ru

• Harisov Rustam A. , Doctor of Engineering
Sciences
STC Transneft R&D, LLC
Head of Steel, Welding and Corrosion Protection
Department,
144/3, Oktyabrya ave., Ufa, 450055,
Russian Federation
e-mail: HarisovRA@niitnn.transneft.ru

• Жевелев Олег Юрьевич
ООО «НИИ Транснефть»
Ведущий научный сотрудник лаборатории
механо-технологического оборудования
Российская Федерация, 117186, г. Москва,
Севастопольский проспект, 47а
e-mail: ZhevelevOY@niitnn.transneft.ru

• Zhevelev Oleg Y.
Pipeline Transport Institute, LLC (Transneft R&D,
LLC)
Leading Researcher of the Laboratory
of Mechanical-Processing Equipment
47a, Sevastopolsky ave., Moscow, 117186,
Russian Federation
e-mail: ZhevelevOY@niitnn.transneft.ru

• Шестаков Александр Анатольевич
НТЦ ООО «НИИ Транснефть»
Старший научный сотрудник лаборатории
испытаний средств защиты от коррозии
Российская Федерация, 450055, г. Уфа,
пр. Октября, 144/3
e-mail: ShestakovAA1@niitnn.transneft.ru

• Shestakov Aleksander A.
STC of Transneft R&D, LLC
Senior Researcher of the Laboratory for Testing
Corrosion Protection Means
144/3, Oktyabrya ave., Ufa, 450055,
Russian Federation
e-mail: ShestakovAA1@niitnn.transneft.ru

• Фархетдинов Ильшат Ревинерович, канд. техн.
наук
НТЦ ООО «НИИ Транснефть»
Заведующий лабораторией испытаний средств
защиты от коррозии
Российская Федерация, 450055, г. Уфа,
пр. Октября, 144/3
e-mail: farhetdinovir@niitnn.transneft.ru

• Farhetdinov Ilshat R., Candidate of Engineering
Sciences
STC of Transneft R&D, LLC
Head of the Laboratory for Testing Corrosion
Protection Means
144/3, Oktyabrya ave., Ufa, 450055,
Russian Federation
e-mail: farhetdinovir@niitnn.transneft.ru