

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОРРОЗИОННОЙ АКТИВНОСТИ СТАЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ СТОЧНЫХ ВОД

Бутко Денис Александрович

канд. техн. наук, доцент, декан инженерно-строительного факультета, ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», РФ, г. Ростов-на-Дону

Вильсон Елена Владимировна

канд. техн. наук., доцент, заведующая кафедрой водоснабжения и водоотведения, ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», РФ, г. Ростов-на-Дону

Серпокрылов Николай Сергеевич

д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры водоснабжения и водоотведения, ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», РФ, г. Ростов-на-Дону

Яковлева Елена Вячеславовна

ассистент, ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», РФ, г. Ростов-на-Дону

Determination of corrosion activity of the steel elements of the treatment facilities of sewage

Denis Butko

candidate of engineering sciences, associate professor, dean of the Faculty of civil engineering, Don State Technical University, Russia, Rostov-on-Don

Elena Vilson

candidate of engineering sciences, associate professor, managing chair «Water supply and water removal», Don State Technical University, Russia, Rostov-on-Don

Nikolai Serpokrilov

doctor of technical science, professor, professor of the Department of water supply and water removal, Don State Technical University, Russia, Rostov-on-Don

Elena Yakovleva

assistant, Don State Technical University, Russia, Rostov-on-Don

Аннотация. Разрушения металлических конструкций сооружений очистки сточных вод вследствие коррозии влияют на параметры технологического процесса и безопасность обслуживания. На примере станции аэрации г. Ростова-на-Дону проведен анализ факторов,

вызывающих коррозию металлических элементов, рассмотрены механизмы возникновения коррозионных процессов и влияние технологических воздействий, происходящих при очистке сточных вод. Проведены исследования образцов наиболее часто применяющих марок сталей по этапам очистки.

Abstract. Corrosion damages of metal structures of wastewater treatment facilities affect the work process parameters and operation safety. The analysis of the factors causing corrosion of metal elements and the assessment of corrosion resistance of the steel grades St08ps, St3sp and St5sp during the treatment stages were conducted based on the data obtained from the Rostov-on-Don aeration plant. The article search techniques to determine the corrosiveness of water towards the metal structures.

Ключевые слова: сточные воды; очистка; коррозия; строительство; сооружения; гражданское строительство.

Keywords: wastewater; treatment; corrosion; construction; buildings; civil engineering.

Коррозионные повреждения металлических конструкций на сегодняшний день представляют одну из значительных экономических проблем производственных предприятий по очистке сточных вод.

Для оценки состояния металлических конструкций в сооружениях очистки сточных вод станции аэрации г. Ростова-на-Дону первоначально был произведен визуальный контроль, который позволил определить следующее.

- Решетки. Все конструкции, выполненные из черного металла, защищены от коррозии цинковым покрытием и окрашены эмалью и лаком, несмотря на это очаги коррозионных разрушений обнаружены на металлических конструкциях: граблины, все крепления и закладные детали.

- Песколовки. В песколовках коррозионным разрушениям подверглись гидроэлеватор, скребковый механизм и тросы, распределительный канал шибера. В наибольшей степени подвержены коррозии болтовые соединения и закладные детали вследствие разного химического состава соприкасающихся элементов.

- Преаэратор. Основным очагом коррозии в преаэраторе является запорная арматура.

- Первичный отстойник. Все металлические конструкции защищены от коррозии, однако, сплошность покрытий металла со временем нарушилась, и наблюдаются прогрессирующие коррозионные процессы.

- Аэротенк. Среда в аэротенке является достаточно агрессивной для металла, о чем свидетельствуют данные работ [2, 6-8]. Из нержавеющей стали выполнены: лоток подачи осветленной сточной воды, шибера, опускные стояки, лоток возвратного активного ила, струенаправляющие перегородки - на них очаги коррозии не отмечены.

- Вторичные отстойники. Наблюдаются коррозионные процессы, которым подвержены каркасы кассет тонкослойных модулей, закладные детали. Крепления зубчатого перелива к сборному лотку, обработанные покрытием из цинка с хромированием толщиной 30 мкм, разрушаются вследствие коррозионных процессов.

- Биореакторы. В биореакторах размещены кассеты с загрузкой из «ершей», каркас кассет выполнен из нержавеющей стали, а основание «ершей» выполнено из стальной проволоки, которая корродирует и разрушается, в результате чего ершовая загрузка обрывается.

Для наших исследований были выбраны образцы, выполненные из стали Ст5сп (ГОСТ

380-2005) и Ст08пс (ГОСТ 1050-88). Химический состав в % стали Ст08пс: Fe~98; С - 0,05-0,11; Si - 0,05-0,17; Mn - 0,35-0,65; Ni до 0,25; S до 0,04; P до 0,035; Cr до 0,1; Cu до 0,25; As до 0,08. Характеристика стали Ст08пс (ГОСТ 1050-88) – сталь конструкционная углеродистая качественная для изготовления деталей, к которым предъявляются требования высокой пластичности: шайбы, патрубки, прокладки и другие неотъемлемые детали, работающие в интервале температур от -40 до 450 °С, плотность составляет 7846 кг/м³. Химический состав в % стали Ст5сп: Fe~98; С - 0,28-0,37; Si - 0,15-0,3; Mn - 0,5-0,8; S до 0,05; P до 0,04. Характеристика стали Ст5сп – сталь конструкционная углеродистая обыкновенного качества, используемая для изготовления деталей клепаных конструкций, болтов, гаек, ручек, втулок, ходовых валиков, стержней, трубных решеток, фланцев и других деталей, работающих при температуре 0-425°С, плотность составляет 7850 кг/м³ [10].

Образцы помещали в песколовки, преаэратор, первичный отстойник, аэротенк, вторичный отстойник, биореактор и контактный резервуар. Подготовку образцов и исследования выполняли в соответствии с методикой, представленной [1]. Данные исследований представлены в табл. 1, в которой приняты следующие обозначения: S – площадь поверхности образца; ΔP – разница веса образца до и после испытаний; K – скорость коррозии образца.

Таблица 1.

Исследования по скорости коррозии в сооружениях очистки сточных вод с экспозицией 30 сут (в таблице представлены среднеарифметические данные из трех параллельных наблюдений для ΔP, г и K, мг Fe/см² сут)

Сооружения	Образец из стали марки Ст5сп			Образец из стали марки Ст08пс		
	S, см ²	ΔP, г	K, мг Fe/см ² сут	S, см ²	ΔP, г	K, мг Fe/см ² сут
Песколовки	13,840	0,075	0,308	29,320	0,493	0,093
Преаэратор	13,840	0,216	1,115	29,320	0,964	0,183
Пер. отстойник	13,840	0,179	0,920	29,320	0,490	0,093
Аэротенк	13,840	0,100	0,557	29,320	0,603	0,114
Вторичный отстойник	13,840	0,098	0,500	29,320	1,089	0,206
Биореактор	13,840	0,139	0,710	29,320	1,006	0,191
Контактный резервуар (хлорирование)	13,840	0,203	1,050	29,320	2,294	0,435

Коррозионная стойкость металлических материалов оценивалась по десятибалльной шкале по [3].

Скорость коррозии металлических материалов в различных средах определялась по уменьшению массы образца (после удаления продуктов коррозии) на единицу поверхности в единицу времени и выражалась в граммах на метр в квадрате в час. Глубинный показатель коррозии выражался в линейных единицах, отнесенных к единице времени:

$$П = 8,76 K / \gamma , \quad (1)$$

где П – глубинный показатель коррозии, мм/год;

K – скорость коррозии, г/(м² ч);

γ – плотность металла, г/см³.

В табл. 2 приведены оценочные баллы (по данным [3]) и группы стойкости образцов исследуемых марок сталей в зависимости от условий среды, в которую они были помещены.

Таблица 2.

Оценочные баллы и группы стойкости образцов

Сооружения	Образец из стали марки Ст5сп			Образец из стали марки Ст08пс		
	К, г/м ² ·ч	П, мм/год	Группа стойкости/балл	К, г/м ² ·ч	П, мм/год	Группа стойкости/балл
Песколовки	0,128	0,1432	IV - понижено стойкие/ 6	0,0388	0,0432	III - стойкие/ 4
Преаэратор	0,4646	0,5184	V - малостойкие/ 7	0,0763	0,08	III - стойкие/ 5
Первичный отстойник	0,3833	0,4278	IV - понижено стойкие/ 6	0,0388	0,0432	III - стойкие/ 4
Аэротенк	0,2321	0,2590	IV - понижено стойкие/ 6	0,0475	0,0530	III - стойкие/ 5
Вторичный отстойник	0,2083	0,2325	IV - понижено стойкие/ 6	0,0858	0,0958	III - стойкие/ 5
Биореактор	0,2958	0,3300	IV - понижено стойкие/ 6	0,07958	0,0888	III - стойкие/ 5
Контактный резервуар (хлорирование)	0,4375	0,4883	IV - понижено стойкие/ 6	0,18	0,2023	IV - понижено стойкие/ 6

Коррозия металлических трубопроводов очистных сооружений также влияет на надежность эксплуатации. Исследования по коррозии стальных трубопроводов проводили в опытно-промышленных условиях канализационных очистных сооружений г. Ростова-на-Дону на реальных сточных водах после первичного отстаивания [5, 9] с применением активного эксперимента.

Экспериментальная установка, полезным объемом 34.5 дм³, представляла собой модель напорного трубопровода, куда под давлением подавали сжатый воздух или технический кислород. Перемешивание осуществлялось через определенные промежутки времени, что позволяло через критерий Кэмпса характеризовать условия смешения.

Была реализована 1/2 дробной реплики полного факторного эксперимента типа 2⁴⁻¹ с двумя параллельными опытами и с варьируемыми факторами: X₁ - период пребывания (окисления) сточных вод в трубопроводе-реакторе (15- 120 мин.); X₂ - давление в модели трубопровода (0.02-4 МПа); X₃ - период между перемешиваниями (0-350 секунд); X₄ - введение активного ила (0-5 мг/л). Функция оптимизации, фиксирующая коррозию в процессе транспортирования - У - скорость коррозии металла, г/час·м².

В результате реализации и статистической обработки результатов активного эксперимента в кодированных переменных с исключением незначимых коэффициентов получено уравнение, адекватно описывающее процесс очистки сточных вод техническим кислородом в модели напорного трубопровода - реактора:

$$Y = 3.61 - 1.45X_1 + 1.28X_2 - 1.14X_4. \quad (2)$$

По технологической эффективности влияния на процесс предварительной очистки сточных вод факторы убывающе располагаются в ряд: X₁ (время окисления), X₂ (давление насыщения или перекачки сточных вод), X₄ (введение активного ила в напорный трубопровод с кислородом). А фактор X₃ (перемешивание) не оказывает влияния на скорость коррозии стальных трубопроводов.

Полученное в активном эксперименте уравнение регрессии для проектирования более практично к применению в натуральных переменных:

$$Y = 7.387 - 0.028 \tau_{ок} + 6.737 P - 22.8 D_{аи}; \quad (3)$$

где $\tau_{ок}$ - время окисления сточных вод в трубопроводе-реакторе, 15-120 мин.;

P – давление в трубопроводе, 0.02-0.4 МПа;

$D_{\text{аи}}$ – доза вводимого в трубопровод активного ила, 0-0.1 % от объема обрабатываемых сточных вод.

В указанных границах изменения факторов скорость коррозии стали СтЗсп составит 4.442-7.097 мг/ч·м². Величина скорости внутренней кислородной коррозии стали при пересчете из мг/ч·м² в мм/год составит – (0.049-0.080), что находится в допустимых пределах коррозии металлических трубопроводов. По классификации Дрозд Г.Я. [4] скорость внутренней сероводородной коррозии для труб до 0.08 мм/год относится к слабой, т.е. введение технического кислорода в трубопровод не вызовет дополнительного разрушения трубопроводов за счет химической коррозии.

Анализ результатов исследований позволяет установить, что коррозионная активность сточных вод в процессе их очистки достаточно высокая. Так как производимые исследования с образцами металлов (сплавов) являются достаточно трудоемкими, поэтому планируется дальнейшие исследования направить на поиск показательных параметров, характеризующих коррозионную активность среды, которые можно определять с помощью измерительных приборов и расчетов и с помощью которых прогнозировать и устанавливать превентивные мероприятия по поддержанию заданного уровня надежности очистных сооружений.

Список литературы:

1. Андреев Е.И., Билай В.И., Коваль Э.З., Козлова И.А. Микробная коррозия и ее возбудители. Киев: Наукова Думка, 1980. 287 с.
2. Биогальванический метод удаления фосфатов из сточных вод / Пупырев Е.И., Захватаева Н.В., Шеломков А.С., Кожушко А.Ю. // Водоснабжение и санитарная техника. 2009. № 8. С. 55-59.
3. ГОСТ 5272-68 Коррозия металлов. Термины. — Введ. 1969-01-01— М.: ИПК Издательство стандартов, 1999.— 15 с.
4. Дрозд Г.Я., Хвортова М.Ю. Надежность канализационной системы и аварийные риски в производственной деятельности предприятий водопроводно-канализационного хозяйства / Вода и экология: проблемы и решения: Водопроект-Гипрокоммунводоканал, Санкт-Петербург - №3(55) - 2013 - С. 50-65.
5. Костюков В. П., Максименко И. В., Серпокрылов Н. С. Изменение окислительно – восстановительных свойств среды при биохимической трансформации компонентов сточных вод / Проблемы строительства и инженерной экологии. – Новочеркасск: ЮГРТУ, 2000. – С. 264 – 272.
6. Ружицкая О.А. Влияние коррозионных процессов на очистку сточных вод от биогенных элементов // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2014. №9 (92). С. 131-133.
7. Ружицкая О.А. Особенности удаления фосфатов из бытовых сточных вод методом биологической коррозии // Водоснабжение и канализация. 2014. № 5-6. С. 30-34.
8. Ружицкая О.А, Саломеев В.П., Гогина Е.С. Использование армированного загрузочного материала для интенсификации процессов очистки сточных вод от фосфатов и органических загрязнений // Водоснабжение и санитарная техника. 2013. № 6. С. 43-47.
9. Серпокрылов Н.С., Максименко И.В., Новосельцева И.В. Минимизация коррозии объектов системы водоотведения / Строительство – 2005»: Материалы Международной научн.-практич. конф. – Ростов н/Д: РГСУ, 2005 – С. 52-54.

10. Центральный металлический портал РФ [Электронный ресурс] URL: www.metallicheskiy-portal.ru (дата обращения: 10.01.2017).