Ивичева Е. В., Сариллов М. Ю.
E. V. Ivicheva, M. Yu. Sarilov

**МЕТОДИКА ПОДБОРА ПОТЕНЦИАЛЬНО ЭФФЕКТИВНЫХ РАСТВОРОВ
ДЛЯ ОЧИСТКИ ПОВЕРХНОСТИ ОТ ОТЛОЖЕНИЙ**

**SELECTION METHOD OF POTENTIALLY EFFECTIVE WARE SOLUTIONS
FOR SEDIMENT CLEARING**

Ивичева Екатерина Вячеславовна – магистрант кафедры «Машины и аппараты химических производств» Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета (Россия, Комсомольск-на-Амуре). E-mail: kattichka@gmail.com.

Ms. Ekaterina V. Ivicheva – master degree student, Chemical Industry Machinery and Equipment Department, Komsomolsk-on-Amur State Technical University (Russia, Komsomolsk-on-Amur). E-mail: kattichka@gmail.com.

Сариллов Михаил Юрьевич – доктор технических наук, профессор кафедры «Машины и аппараты химических производств» Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета (Россия, Комсомольск-на-Амуре). E-mail: sarilov@knastu.ru.

Mr. Mikhail Yu. Sarilov – D.Sc. in engineering, Head of the Department of Chemical Industry Machinery and Equipment, Komsomolsk-on-Amur State Technical University (Russia, Komsomolsk-on-Amur). E-mail: sarilov@knastu.ru.

Аннотация. В статье предложена лабораторная методика подбора потенциально эффективных растворов для очистки поверхностей от отложений в теплообменных аппаратах. Представлены результаты эксперимента по очистке поверхностей от отложений в среде кислотных растворов при различных температурах.

Summary. The article includes the laboratory selection method of potentially effective solutions for cleaning heat exchanger's surfaces from sediment. The experiment results of cleaning surfaces from sediment with the acid solutions and different temperatures are offered.

Ключевые слова: очистка, отложения, покрытия, кислота, раствор.

Key words: cleaning, sediment, experiment, heat exchangers, acid, damage.

УДК 665.63

Введение

Проблема образования накипи и различного рода отложений в теплообменном оборудовании на протяжении долгого времени не теряет своей актуальности, поэтому чистота теплообменной поверхности всё также остаётся неизменным ключевым качеством теплообменного оборудования любой конструкции.

Существует достаточно большой выбор в способе очистки теплообменных аппаратов, каждый из которых имеет свои преимущества и недостатки. Стоит заметить, что в случаях сильного загрязнения чаще всего применяют как разборный, так и безразборный химический способ промывки технологического оборудования.

Проанализировав состав трудноудаляемых отложений, образующихся в теплообменном оборудовании, мы классифицировали их по природе преобладающего компонента: щелочно-земельные, кальциевые, железные, натриевые, магниевые и накипи из легкорастворимых солей [1; 3].

Отложения подобного рода как на внутренних, так и на внешних поверхностях теплообменника снижают интенсивность процесса теплопередачи, создают дополнительное термическое сопротивление и др., что в свою очередь создаёт условия для нарушения установленного эксплуатационного режима [2].

Методика исследований

Учитывая перечисленные выше составы отложений, а также оценив степень влияния этих отложений на КПД теплообменного оборудования, было принято решение о разработке методики по подбору потенциально универсального очищающего раствора соответствующей концентрации, способного как удалить загрязнения, так и сохранить целостность теплообменной поверхности после очистки.

В основе методики проведения эксперимента лежит измерение изменения массы образца с течением времени и визуальное наблюдение за процессом очистки. Эксперимент проводился на базе ИЛ-ЦЗЛ ООО «РН-Комсомольский НПЗ». Экспериментальная модель лабораторной установки представлена на рис. 1.

Рис. 1. Экспериментальная модель лабораторной установки

Участвующие в эксперименте кислоты, их концентрации, а также температура проведения испытаний сведены в табл. 1.

Таблица 1

Концентрация и температура испытаний кислот

Кислота	Формула	Концентрация	Температура испытания, °С
Фосфорная	H_3PO_4	5 %	50
Соляная	HCl	5 %	50
Азотная	HNO_3	5 %	50
Сульфаминовая	NH_2SO_4H	5 %	65

Время проведения испытаний 1 ч.

Порядок проведения эксперимента представим ниже:

1. Приготовить раствор кислоты заданной концентрации.
2. Залить 100 мл раствора кислоты в стеклянный стакан объёмом 250 мл.
3. Взвесить образец на аналитических весах с ценой деления 0,001 г. В нашем случае использовались лабораторные весы METTLER TOLEDO PB 403-S/Fact.
4. Установить заданную температуру раствора в стакане и поддерживать её на протяжении всего эксперимента.
5. Установить динамический режим движения раствора в стакане при помощи магнитной мешалки, которая обеспечивает постоянную циркуляцию раствора. Заданная частота вращения (165 ± 5) об/мин. В нашем случае использовалась магнитная мешалка с подогревом IKA C-MAG HS 7 digital IKAMAG, которая также обеспечивала поддержание заданной температуры раствора на протяжении всего эксперимента.
6. Бросить образец в раствор и засечь время.
7. По истечении времени вытащить образец.
8. Промыть образец в дистиллированной воде, просушить и взвесить на аналитических весах с ценой деления 0,001 г.
9. Зафиксировать полученные значения.

10. Оценить степень повреждения поверхности образца кислотой методом визуального контроля.

Результаты исследований очистки поверхности от отложений в среде различных растворов при заданных температурах приведены в табл. 2.

Таблица 2

Полученные результаты исследования

Реагент	Объем реагента, см ³	Температура, °С	Масса образца до очистки, г	Масса образца после очистки, г	Время реагирования, мин	Потери при очистке, %
H ₃ PO ₄	100	50	34,565	34,045	50	1,504
HCl	100	50	32,484	32,817	50	1,992
HNO ₃	100	50	31,022	30,625	50	1,280
NH ₂ SO ₄ H	100	65	33,040	32,621	65	1,268

Потери при очистке вычисляют по формуле

$$X = \frac{G_1}{G_2} \times 100,$$

где G_1 – масса накипи перешедшей в раствор, г; G_2 – начальная масса образца, г.

Согласно полученным расчётным результатам исследования, наибольшие потери при очистке соответствуют 5%-му раствору соляной кислоты.

Однако если обратить внимание на состояние очищенных образцов (см. рис. 2), то наглядно видно, что отложения удалены полностью на 100 %.

Рис. 2. Испытательный образец после очистки:

- а – очистка фосфорной кислотой H₃PO₄;
- б – очистка соляной кислотой HCl;
- в – очистка азотной кислотой HNO₃;
- г – очистка сульфаминовой кислотой NH₂SO₄H

Последним этапом эксперимента является оценка испытательного образца на предмет повреждений раствором применяемых кислот, даже несмотря на то, что материалом образцов является кислотостойкая нержавеющая сталь X18H10T.

Результаты исследования

Результаты оценки сведен в табл. 3.

Таблица 3

Характеристика степени повреждений испытательных образцов

Описание образца	Фото образца после очистки
Образец 1 очищался при помощи 5%-го раствора фосфорной кислоты. Фосфорная кислота в силу своей слабости хорошо взаимодействует с различными типами сплавов, образуя тонкую фосфатную плёнку на пассивирующей стали и на некоторое время предохраняя ее от коррозии. На фото нет повреждений, вызванных применением кислоты, даже несмотря на то, что на трубе уже были повреждения в виде сплошных нитевидных поверхностных трещин (см. рис. 2).	
Образец 2 очищался при помощи 5%-го раствора соляной кислоты. Соляная кислота является очень агрессивной по отношению к металлам. В большей степени это обуславливается содержанием в ней ионов Cl^-. На фото видно, что металл имеет темный оттенок, что свидетельствует об интенсивном прохождении реакции. При этом происходит межкристаллитная и язвенная коррозия, проходящая по границам зерен, и углубление нитевидных трещин. Применение раствора соляной кислоты в качестве реактива очистки нежелательно, поскольку даже при слабой концентрации кислоты, нержавеющий металл начинает корродировать.	
Образец 3 очищался при помощи 5%-го раствора азотной кислоты. На фото наглядно видно, что коррозионное разрушение стали вызвано коррозией по границам зерен. Также видны эрозивные повреждения. Ввиду наличия повреждений кислотой применение раствора азотной кислоты нежелательно, либо необходимо добавление ингибитора коррозии.	

Продолжение табл. 3

Описание образца	Фото образца после очистки
Образец 4 очищался при помощи 5%-го раствора сульфаминовой кислоты. Несмотря на то, что данный раствор полностью удалил все отложения, на фото чётко видна частая точечная коррозия, которая даёт слегка матовый блеск, что говорит о повреждении поверхности металла кислотой.	

Выводы

Проанализировав состояние представленных образцов после очистки растворами кислот, были сделаны следующие выводы:

- применение растворов соляной, азотной и сульфаминовой кислот привели к ярковыраженному разрушению поверхности металла. Чтобы снизить разрушающее влияние на металл необходимо снизить концентрацию раствора, а также обязательно применить ингибиторы коррозии;
- применение раствора на основе фосфорной кислоты показало минимальные повреждения поверхности металла при достаточно высокой эффективности очистки.

На основании проведенных экспериментальных и теоретических исследований разработана методика подбора эффективных растворов для очистки поверхности от отложений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кутепов, А. М. Общая химическая технология / А. М. Кутепов, Т. И. Бондарева, М. Г. Беренгартен. – М. : Химия, 1985. – 448 с.
2. Таранова, Л. В. Теплообменные аппараты и методы их расчета: учеб. пособие / Л. В. Таранова. – Тюмень: Изд-во ТюмГНГУ, 2009. – 150 с.
3. Зимняков, А. М. Анализ химических отложений теплового оборудования и способы их очистки / А. М. Зимняков, Р. В. Наумов // Известия ПГПУ им. В.Г. Белинского. – 2010. – № 17. – С. 104-108.