

DOI: 10.15593/2224-9877/2015.4.08

УДК 66.02

Ю.В. Болотова, О.И. РучкинаПермский национальный исследовательский
политехнический университет, г. Пермь, Россия**КОРРОЗИЯ ТЕПЛООБМЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ
НЕФТЕХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ**

Темпы роста промышленности и стабильность экономики находятся в прямой зависимости от уровня развития энергетики страны. Энергетическая и нефтяная промышленность – основополагающие отрасли экономики России, но у таких отраслей, как энергетика и производство нефтехимической продукции, имеются и проблемы. Одна из таких проблем – расходы, связанные с коррозией металлов и промышленного оборудования. Растраты по причине коррозии носят не только прямой – замена оборудования, затраты на ремонт и профилактические работы, но и косвенный характер – перерасход воды, электроэнергии и прочие издержки. В настоящее время решение данной проблемы является актуальным, так как всё больший интерес приобретает вопрос энергосбережения и энергоэффективности на нефтехимическом производстве, а также в других отраслях экономики страны. В связи с уменьшением ресурсов на нашей планете люди всё чаще задумываются не о том, как больше потратить, а о том, как больше сберечь и сэкономить.

Данная статья посвящена изучению проблемы появления коррозии промышленного оборудования в нефтехимическом производстве. Посредством отбора проб воды в определенных местах установки произведен анализ качества воды в системе. Получен массив экспериментальных данных, открывающих причины пропусков теплообменного оборудования. В представленной работе сделана попытка найти причины появления коррозии оборудования посредством отбора проб воды в разных точках установки. Особое внимание уделено тепловой схеме, включающей теплообменное оборудование. Представлено подробное описание всех составляющих схемы, принцип работы некоторых элементов схемы.

В заключение предложены некоторые способы борьбы с коррозией и ее предотвращения. Представлен традиционный метод борьбы с пропусками теплообменного оборудования, описана его неэффективность. Также предложен один из современных методов – добавка ингибиторов.

Ключевые слова: энергетика, нефтяная промышленность, влияние на экономику, коррозия оборудования, качество воды, вода, промышленное оборудование, ингибиторы, теплообменное оборудование, эксплуатация оборудования.

Iu.V. Bolotova, O.I. Ruchkinova

Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation

**CORROSION OF THE HEATEXCHANGE EQUIPMENT
OF PETROCHEMICAL PRODUCTIONS**

The pace of industrial growth and economic stability of the national economy are directly dependent on the level of energy development of the country. Energy and Oil and the industry is a fundamental sector of the Russian economy. But industries such as energy and the production of petrochemicals, there are problems. One of such problems, and are costs associated with the corrosion of

metals and industrial equipment. Waste due to corrosion are not only direct – replacement of equipment, the cost of repair and maintenance work, but also indirect – expenditure of water, Power, and other costs. Currently, the solution to this problem is urgent, as an increasing interest becomes a question of energy saving and energy efficiency neftehimicheskoy production, as well as other sectors of the economy. In connection with the reduction in resources for our plan Luda increasingly beginning to think not about how to spend more, and on how to better conserve, and of course as more of save.

This article is devoted to the problem of corrosion of industrial equipment in the petrochemical industry. By sampling of water in certain places the installation, the analysis of water quality in the system. Got a lot of experimental data, the reasons for opening permits heat exchange equipment. In this study, an attempt to find the causes of equipment corrosion by water sampling at different points of the installation. Particular attention is paid to the thermal circuit consisting of heat transfer equipment. A detailed description of all the components of the scheme, the principle of operation of some elements of the scheme.

In conclusion, we suggested some ways to combat corrosion and its prevention. Presented traditional method of dealing with missing heat transfer equipment, described its ineffectiveness. Also provided today of modern techniques is the addition of inhibitors

Keywords: power, oil industry, influence on economy, corrosion of the equipment, quality of water, water, industrial equipment, inhibitors, heat transfer equipment, operation of the equipment.

Энергетическая и нефтяная и промышленность – основополагающая отрасль экономики России. Темпы роста промышленности и стабильность экономики в стране находятся в прямой зависимости от уровня развития энергетики.

Энергетическая и нефтяная промышленность в настоящее время является основой развития производительных сил и самого существования человеческого общества. Она обеспечивает работу силовых аппаратов в промышленности, сельском хозяйстве, транспорте и быту. Это самая материалоемкая отрасль мировой индустрии. Продукты переработки первичных энергоносителей (нефть, природный газ, уголь) составляют основу получения всех полимерных материалов, азотных удобрений и многих других необходимых веществ.

На сегодняшний день все предприятия и организации теплоэнергетического комплекса, а также иных отраслей промышленности, эксплуатирующих теплообменные аппараты, сталкиваются со следующими основными проблемами:

- образование отложений на теплообменных поверхностях, что приводит к снижению теплообмена и, в дальнейшем, перерасходу горючего;
- интенсификация коррозионных процессов, определяемая в первую очередь ростом в окружающей среде промышленных зон концентраций агрессивных соединений (диоксид серы и др.)

Постоянный рост объемов производства химической и нефтехимической промышленности вызывает увеличение потребления водных ресурсов. В связи с этим вопросы рационального и эффективного ис-

пользования воды, в том числе и в системах оборотного водоснабжения, приобретают особую значимость.

Многие химические реакции (нейтрализации, окисления, гидрирования и т.д.) протекают с образованием тепла, при этом важным условием высокого процента выхода целевого продукта и минимизации побочных процессов является строгое соблюдение температурного режима за счет охлаждения в теплообменных аппаратах. Система оборотного водоснабжения является важнейшим элементом технологического процесса нефтехимического производства.

Во всем мире большое внимание уделяется борьбе с коррозией, включая борьбу с коррозией теплообменного оборудования. Постоянное повышение потерь от разных типов коррозии в основном связано с ростом в окружающей среде концентраций агрессивных примесей. В США в 1975 г. цена годовых потерь от коррозии составляла 82 млрд долл., а в 2000 г. – уже 400 млрд долл.

Экономические убытки и ущерб, причиняемый нашей планете коррозией металлических изделий, оснащения для промышленности и различных конструкций, неисчислимы. В минувшие годы в США ежегодные потери от коррозии составили 300 млрд долл., что соответствует 6 % национального дохода всей страны.

В России ежегодные потери металлов из-за коррозии составляют до 12 % общей массы металлофонда, что соответствует потере до 30 % ежегодно изготавливаемого металла. Помимо столь огромных связанных с коррозией прямых потерь, существуют еще большие косвенные потери. К ним причисляются растраты, обусловленные уменьшением мощности металлического оборудования, его вынужденными простоями из-за аварий и, кроме того, затраты на устранение результатов аварий, нередко носящих вид экологических катастроф. Суммарно в большинстве стран потери от коррозии составляют 4–6 % национального дохода [1].

В специализированной лаборатории совместно с отделом технического диагностирования одной из компаний по переработке нефти Пермского края проведено исследование причин многочисленных пропусков трубок теплообменника.

Исследуемый теплообменник подключен по схеме, изображенной на рис. 1.

Устройство рассматриваемого комплекса оборудования предназначено для превращения энергии тепла от выхлопных газов в теплую воду

или пар, используемые для технологических процессов (для работы турбины), а также для отопления производственных помещений. Основную роль играет котел – утилизатор газов. Топливом для таких устройств является выхлопной газ, который образуется в процессе промышленной работы предприятия. Применение таких котлов значительно повышает эффективность работы оборудования и установок, результатом работы которых является выделение выхлопных газов или пара.

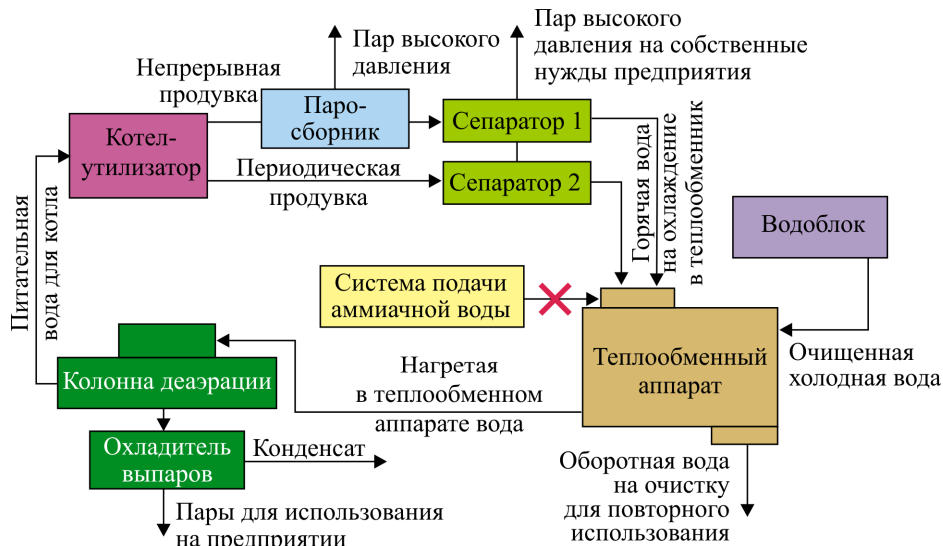


Рис. 1. Принципиальная схема утилизации газов на базе комплекса глубокой переработки нефти

Целесообразность применения котлов-утилизаторов объясняется потребностью сжигания газов, в которых имеется составляющая топливной структуры.

При сжигании газа в котле образуется большое количество теплоты, используемое для создания пара из воды. Количество вырабатываемого пара зависит от объема газа, который сжигается. Пар приводит в действие лопасти турбины [2].

Паровая турбина – это такой тепловой двигатель, в котором энергия пара преобразуется в механическую работу [3].

Для стабильной работы котла утилизатора необходима его продувка. Вода для продувки котла называется продувочной – это вода, отбираемая из системы оборотного водоснабжения и заменяемая добавочной [4]. Схемой предусматривается использование тепла непрерывной продувки котлов, а также 2–3 раза в сутки продувка котлов.

Различают периодическую и непрерывную продувку. Периодическая продувка производится из нижней части котла и предназначена в основном для удаления шлама. Непрерывная продувка производится путем постоянного сброса котловой воды из верхнего барабана и предназначена в основном для поддержания солевого состава оборотной воды и загрязненности органическими веществами на определенном уровне, не превышающем допустимых значений. Тепло воды непрерывной продувки обычно используется для собственных нужд котельной. Продувочная вода поступает в расширитель, где вследствие падения давления вскипает. Часть воды превращается в пар, который отделяется в сепарационном устройстве и направляется на собственные нужды. Отсепарированная вода с повышенным содержанием направляется в теплообменники, например в подогреватель сырой воды [5].

Продувочная вода поступает в паросборник для сбора пара высокого давления (для работы турбины), а затем в сепаратор продувки котлов.

Идея центробежного вертикального сепаратора заключается в том, что эмульсия пара и воды, тангенциально подводимая к сепаратору, приводит воду во вращательное движение, выделившийся пар среднего давления отводится кверху (на собственные нужды предприятия – отопление помещений), а вниз направляется вода для последующего охлаждения [6].

Сепарат подается в трубчатый теплообменник. Затем обратная вода направляется для повторного использования и подается на очистку в водоблок предприятия.

В процессе очистки вода проходит несколько стадий очистки, в том числе деминерализацию оборотной воды. Вода, поступающая после очистки в теплообменник, далее направляется в деаэраторы, которые предназначены для удаления различных газов, в том числе кислорода из воды. Коррозия в деаэрированной воде сводится к минимуму, поэтому деаэрация является эффективным практическим средством защиты металла от коррозии. Из деаэраторов питательная вода насосами подается в котлы.

Теплообменники используются в химической промышленности для переноса тепла жидкости на другую жидкость. Одна среда при этом нагревается, вторая – охлаждается. Схема устройства изображена на рис. 2.

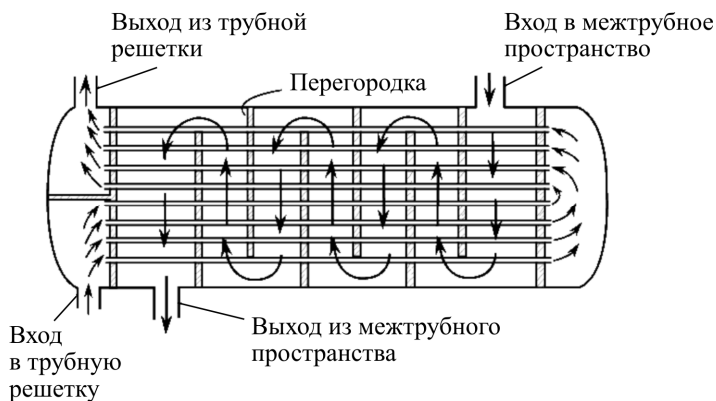


Рис. 2. Устройство и принцип работы кожухотрубного теплообменника

Причинами пропуска трубок теплообменного оборудования могут быть такие неисправности, как загрязнение поверхности теплообмена накипью, маслом, отложениями солей и смол, коррозия металла и пр. При мощном загрязнении с целью охлаждения (подогрева) приходится пропускать через теплообменник завышенные количества воды, что приводит к завышенным расходам электроэнергии.

Очень часто теплообменник приходится останавливать для ремонта из-за появления пропусков, которые можно разделить на два основных вида: внешние и внутренние (или скрытые). К первому виду относятся пропуски во фланцевых соединениях крышек теплообменников, пропуски в патрубках и стенках корпуса.

Одним из способов обнаружения неисправностей является контроль и наблюдение за работой теплообменного оборудования.

Наличие внутренних пропусков определяют способом отбора проб из той части теплообменника, давление в которой ниже. Остальные дефекты могут быть выявлены во время осмотров теплообменной аппаратуры и в процессе проведения планово-предупредительных ремонтов [7].

Теплообменная аппаратура составляет весьма значительную часть технологического оборудования в химической и смежных отраслях промышленности. На предприятиях нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности удельный вес теплообменного оборудования составляет 50 % [8].

Теплообменник предназначен для охлаждения продувочной котловой воды. В межтрубное пространство аппарата постоянно подается продувочная котловая вода, образующаяся по пароводяной технологи-

ческой цепочке: котел-утилизатор – паросборник – сепараторы. Кроме этого один раз в смену производится прямая продувка через сепаратор котловой воды из котла-утилизатора. В качестве охладителя используется обратная вода с водоблока.

Рабочие характеристики исследуемого теплообменника:

– параметры среды внутри труб: обратная вода, $T = 20 \dots 25$ °С;

– размер и материал трубок: $\varnothing 20 \times 2,0$ мм, сталь 20;

– параметры среды межтрубного пространства: котловая вода, $T = 110$ °С;

– продолжительность работы – с 2008 г.

По результатам визуального осмотра после вскрытия теплообменника на наружной поверхности трубного пучка в нижней части аппарата обнаружены отложения с наростами в виде ракушек диаметром до 20 мм (рис. 3, а, б). В верхней части трубного пучка поверхность имеет равномерный слой отложений (без наростов) толщиной до 0,6 мм.



а



б

Рис. 3. Общий вид трубного пучка (а) и отложений на трубках (б)

Повреждения на трубках представляют собой свищи диаметром до 3,0 мм, расположенные под раковинами (рис. 4, б), а также кольцевые коррозионные уплотнения наружного диаметра трубок в местах контакта трубок с перегородками (рис. 4, а).

Данный вид коррозии называется язвенной. Она присуща нейтральным водным средам (водопровод, система отопления). Язвенную коррозию оценивают количеством и глубиной язв на единицу площади поверхности металла либо единицу длины трубопровода. Порой ее оценивают количеством свищей на 100 пог. м. Данный вид коррозии обычно сочетается со сплошной коррозией, усиливая поражение металла.



Рис. 4. Коррозионное утонение трубок у перегородок (а) и свищи на трубках (б)

На внутренней поверхности трубок также имеются рыхлые отложения черного и рыжего цветов с наростами высотой до 1,5 мм (рис. 5).

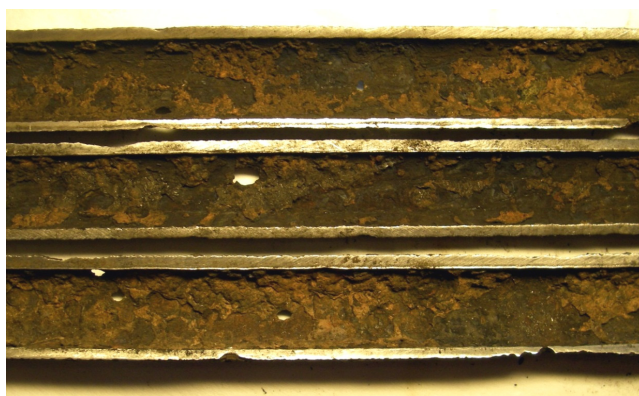


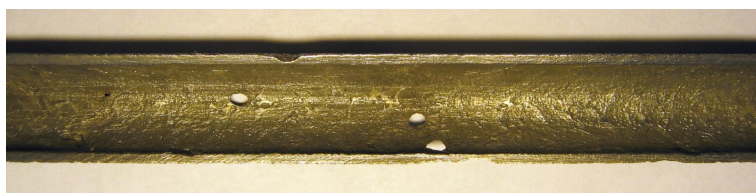
Рис. 5. Отложения на внутренней поверхности трубок

После удаления отложений на всей наружной поверхности обнаружены множественные язвины диаметром 0,3–1,5 мм и глубиной до 0,7 мм, а также отдельные более крупные язвины диаметром 5–7 мм, глубиной до 2,0 мм с образованием сквозных отверстий (рис. 6, а).

На внутренней поверхности трубок также отмечены следы коррозии под слоем отложений с максимальной глубиной 0,4 мм. Кроме того, на ней имеются отдельные язвины диаметром от 2 до 4 мм, глубиной до 1,0 мм (рис. 6, б). Аналогичный характер повреждения имеют все трубки теплообменника.



а



б

Рис. 6. Коррозия на наружной (*а*) и внутренней (*б*) поверхностях трубки

Причиной многочисленных пропусков теплообменника явилась коррозия. Коррозионные разрушения в теплообменных аппаратах бывают трех основных видов:

1. Коррозия в области соединения трубки и трубной доски.
2. Коррозионно-эрозионное поражение внутренней поверхности входных и выходных участков теплообменных трубок.
3. Язвенная коррозия по всей длине теплообменной трубки [9].

Полученные результаты свидетельствуют о том, что на наружной поверхности трубок коррозионный процесс протекал более интенсивно.

Главными параметрами, воздействующими на процесс коррозии металлов в водопроводных сетях, являются водородный показатель воды рН, ее электрическая проводимость, общая жесткость, щелочность, концентрация хлорид- и сульфат-ионов, растворенного кислорода и других способствующих окислению веществ. Восстановление кислорода обычно служит катодной реакцией для анодного растворения металла. Присутствие хлоридов и сульфатов значительно увеличивает вероятность возникновения коррозии. Окисляющие вещества (например, хлор) увеличивают поляризацию, а следовательно, способствуют анодному растворению [10].

Качество деминерализованной воды, поступающей на установку с водоблока, а также качество деаэрированной, отпаренной и котловой воды, образующейся в процессе производства, контролируются тепло-технической лабораторией.

Качество воды, поступающей на охлаждение в теплообменник, не контролируется. Она представляет собой воду из циркуляционного контура после отвода из нее пара в паросборнике и сепараторе пара среднего давления. Качество циркуляционной воды контролируется теплотехнической лабораторией два раза в сутки.

Обзор данных с января 2011 г. по февраль 2013 г. по качеству обессоленной воды и воды из циркуляционного контура показал:

1. Обессоленная вода имела незначительные единичные отклонения от нормы по водородному показателю рН.

2. Вода из циркуляционного контура в период с января 2011 г. по июль 2012 г. стабильно (41–58 из 60 замеров) имела водородный показатель ниже нормы (8,5–9,5). Были зафиксированы единичные значения рН = 5,8, часты значения 6,0–6,4.

С августа 2012 г. наблюдается тенденция к увеличению значений рН по количеству показаний, увеличению нижнего значения, наблюдаются и единичные превышения значений рН до 10,4.

Для сравнения качества циркуляционной воды с водой, поступающей в теплообменник, а также водой солевых стоков лаборатория диагностирования, совместно с теплотехнической, в марте 2013 г. анализировала пробы этих вод. Результаты представлены в таблице.

Точки отбора проб воды:

№ 1 – продувочная вода из емкости сепаратора котловой воды (периодическая продувка из котла-утилизатора);

№ 2 – продувочная вода из емкости сепаратора (постоянная продувка по цепочке котел-утилизатор – сепараторы);

№ 3 – котловая циркуляционная вода с циркуляционного насоса (регламентная точка отбора проб);

№ 4 – солевые стоки (продувочная вода из емкости сепаратора + + конденсат из охладителя выпаров колонны деаэрации)

Сопоставление полученных результатов (см. таблицу) показывает, что:

♦ солевые стоки имеют наилучшие значения по всем показателям. Вероятно, это связано с разбавлением продувочной воды конденсатом из охладителя выпаров колонны деаэрации;

♦ продувочная вода, поступающая в теплообменник, имеет:
– значения рН, равные значениям рН циркуляционной воды;
– более высокие значения по показателям: электропроводность, солесодержание, щелочность, содержание фосфатов, хлоридов и оксидов кремния;

– меньшие значения по содержанию ионов аммония;
 – большие значения (кроме пробы за 01.04.2013) по содержанию железа в виде водорастворимых соединений и общего железа. Качественный анализ нерастворимых мелкодисперсных частиц черного цвета показал, что это оксид железа. Из литературы известно, что содержание в конденсате продуктов коррозии в виде оксидов железа способствует увеличению скорости коррозии.

Результаты анализа котловой и продувочной воды комплекса
 глубокой переработки нефти

№ п/п	Показатель	01.04.2013				08.04.2013				10.04.2013			
		№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
1	pH	9,2	8,9	9,0	8,9	7,2	7,2	7,3	8,9	8,9	9,0	8,9	8,9
2	Железо (водорастворимое) Fe, мг/дм ³	3,70	2,90	4,90	1,05	1,28	1,05	0,93	0,62	3,45	2,85	1,70	0,85
3	Железо общее Fe, мг/дм ³	14,0	12,8	22,6	4,05	4,4	6,30	2,3	3,0	9,2	7,8	4,0	5,8
4	Электропроводность, мСм/см	69,7	66,3	54,4	47,6	23,8	24,2	16,3	22,6	109,1	104,4	69,7	50,6
5	Диоксид кремния SiO ₂ , мкг/дм ³	1550	980	920	540	398	350	150	230	870	650	310	250
6	Хлориды Cl ⁻ , мг/дм ³	0,13	0,20	0,11	0,08	0,68	0,68	0,28	0,40	1,40	1,48	1,00	0,80
7	Фосфаты, PO ₄ ³⁻ , мг/дм ³	4,8	4,3	3,5	2,5	3,2	3,3	2,1	2,1	21,6	21,2	16,9	9,3
8	Аммоний NH ₄ ⁺ , мг/дм ³	0,16	0,05	0,16	0,46	0,46	0,34	0,68	1,76	0,26	0,25	0,40	1,28
9	Щелочность, мг-экв/дм ³	–	–	0,3	–	0,16	0,16	0,1	0,23	0,38	0,34	0,23	0,25
10	Солесодержание, мг/дм ³	44	38	22	19	14	15	6,8	11	52	52	34	21
11	Сульфаты SO ₄ ²⁻ , мг/дм ³	Не обнаружены											

В точках отбора № 1–3 значения pH были ниже нормативных (рис. 7).

Высокой концентрации ионов водорода соответствуют низкие значения pH (0–7). Значения pH = 7...14 соответствуют основным растворам с малой активностью водородных ионов. При низких значениях pH, т.е. при высокой концентрации водородных ионов, растворы усиленно разрушают сталь. При значениях pH больше 9 процесс коррозии затормаживается.

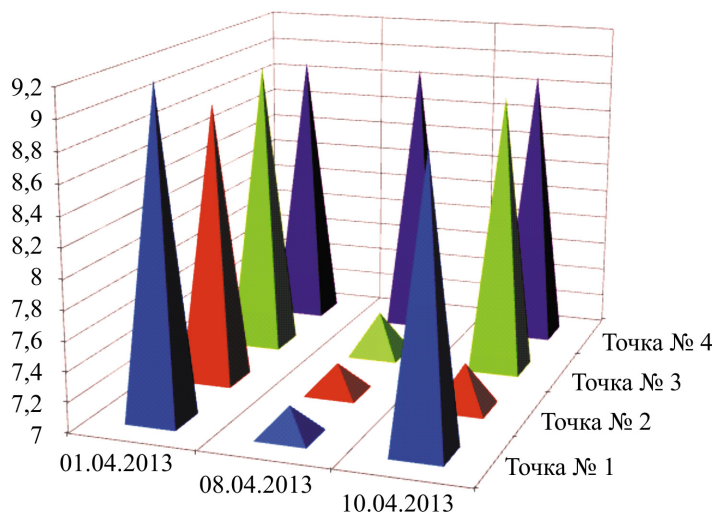


Рис. 7. График, отображающий изменения значения рН во всех четырех точках отбора проб по датам

Из вышеизложенного следует, что в межтрубное пространство теплообменника подавалась вода, значения рН которой были ниже нормативных показателей и зачастую имели слабокислую реакцию среды. В точках отбора № 1–3 значения рН были ниже нормативных (см. рис. 7).

Следует отметить, что в технологическом регламенте для поддержания нормативных значений рН воды циркуляционного контура предусматривается система подачи аммиачной воды. Схема ее смонтирована, но в действие она не вводилась.

В ходе анализа отложений на теплообменнике было выявлено, что отложения, отобранные с внешней стороны трубок, представляют собой влажные (9,1 %) оксиды железа – 83,8 %. Отложения могут быть как наносными, поступающими с продувочной водой, так и продуктами коррозии теплообменных трубок, выполненных из углеродистой стали 20. Необходимо отметить, что и продувочная, и циркуляционная вода содержит значительные количества как растворимых, так и оксидных нерастворимых соединений железа. Это указывает на коррозию оборудования и трубопроводов. Аппараты выполнены из углеродистой и низколегированной стали, поэтому для предстоящего ремонта необходим тщательный осмотр оборудования.

На интенсивность коррозии существенное влияние оказывают величина рН оборотной воды и содержание в ней растворенного кислорода. В щелочной среде при значениях рН > 8 коррозия углеродистой стали уменьшается из-за образования на поверхности металла плотной нерастворимой оболочки гидроокиси. При пониженных значениях рН в присутствии свободной агрессивной углекислоты происходит растворение защитных карбонатных и окисных пленок. Рост концентрации хлоридов при наличии небольших количеств сероводорода, аммиака, нитритов приводит к разрушению латунных конденсаторных трубок в результате их обесцинкования.

Повышение концентрации растворимых солей в оборотной воде приводит к увеличению электропроводности воды и активизации коррозионных процессов; причем в мягкой воде, содержащей растворенный кислород, коррозия конструкционных материалов значительно выше, нежели в жесткой воде аналогичной минерализации, что вызвано меньшей буферной емкостью мягких вод [2].

Заботиться об антикоррозионной защите теплообменного оборудования экономически выгодно, поскольку:

- срок эксплуатации теплообменников и конденсаторов с антикоррозионной и противонакипной защитой увеличивается в 1,5–2,5 раза;
- исключаются аварийные остановки и пуски;
- экономится топливо [9].

Рассмотрим некоторые методы борьбы с коррозией металлов оборудования нефтехимических производств.

Классическим методом ликвидации присосов охлаждающей воды при возникновении в теплообменных трубках сквозных коррозионных язв является «глушение» теплообменных трубок (рис. 8).

Однако необходимо отметить, что данный метод, решая сиюминутную задачу ликвидации присосов, вызывает дальнейшее разрушение теплообменных трубок.

Одним из наиболее известных методов является распыление краски на внутреннюю поверхность трубок. Такой метод может лишь ускорить развитие коррозионных язв. Очевидно, что сформулированные выше требования показывают абсолютную бесперспективность применения традиционных методов окраски и заделки внутренней поверхности труб. Все они обеспечивают лишь кратковременный эффект и требуют частого повторения.

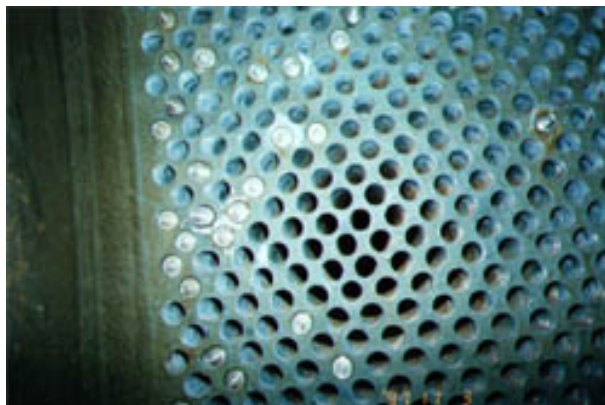


Рис. 8. «Глушение» теплообменных трубок, имеющих сквозные дефекты за пределами входных и выходных участков резинометаллическими пробками

Таким образом, для восстановления теплообменных трубок необходимо обеспечить надежную заделку коррозионных язв и сквозных дефектов, которые случайным образом расположены по длине трубки, и одновременно нанесение тонкого полимерного покрытия на основную неповрежденную внутреннюю поверхность трубок [9].

В данный момент осуществляется интенсивный поиск новых технологий, которые имеют все шансы остановить процесс развития язвенных поражений и восстановить герметичность при наличии сквозных коррозионных свищей, распределенных по всей длине теплообменных трубок конденсаторов.

Научно-производственным объединением «РОКОР», разработана и запатентована (пат. РФ № 2186633 «Способ защиты от коррозии и отложений накипи и восстановления трубок теплообменного оборудования и устройство для осуществления этого способа») новая технология и устройство для нанесения полимерных материалов на внутреннюю поверхность теплообменных трубок. Суть метода состоит в том, что он обеспечивает нанесение высоконаполненного и высоковязкого полимерного состава путем многопроходного шпаклевания с использованием эластичного шнека [9].

Одним из способов предотвращения коррозии является соблюдение норм качества воды, поступающей в теплообменное оборудование. Воздействие щелочности котловой воды на это оборудование уже было отмечено. На отложение накипи, а также на вероятность появления

вспенивания и выноса растворенных в воде солей вместе с паром огромное влияние оказывает общее солесодержание в котловой воде. Подходя в процессе эксплуатации котла к достижению предельно допустимых значений щелочности и концентрации солей, необходимо обеспечить обмен воды в котле, его продувку. Соли и щелочи, поступающие с питательной водой, удаляются при продувке, чем и достигается известное равновесие [6].

Возникающие проблемы многоплановы, они требуют комплексного решения. Один из вариантов подобного решения – применение комплекса взаимосовместимых реагентов, включающих ингибиторы коррозии, биокоррозии, солеотложений.

В последние годы в мировой практике комплексное решение проблем обеспечения высокой производительности систем водооборота, снижения стоимости обработки, а также исключения ядовитых продуктов из состава применяемых реагентов достигается применением ингибиторов коррозии на основе фосфатов и модифицирующих добавок. Ингибиторы обеспечивают защиту глубинного и поверхностного нефтепромыслового оснащения от солеотложений, проявляют высокую противонакипную активность в теплообменниках установок термомеханического обезвоживания и обессоливания нефти [11].

В статье были затронуты проблемы эксплуатации теплообменных аппаратов, в частности язвенная коррозия. В ходе исследования было выявлено, что не осуществлялся надлежащий контроль над качеством подаваемой в теплообменник воды согласно регламенту данного предприятия, также не была использована система подачи аммиачной воды. Для поддержания работы всех механизмов нужен постоянный контроль, бережное обращение и следование инструкциям.

Потребность в проведении мероприятий по защите от коррозии диктуется тем обстоятельством, что убытки от коррозии приносят чрезвычайно большой ущерб. Согласно существующим сведениям, примерно 10 % ежегодной добычи металла расходуется на возмещение безвозвратных потерь вследствие коррозии и дальнейшего распыления. Основной ущерб от коррозии металла связан не только с потерей больших количеств металла, но и с порчей или выходом из строя самих металлических конструкций, так как вследствие коррозии они теряют необходимую прочность, гибкость, пластичность, герметичность, тепло- и электропроводность, отражательную способность и иные необходимые свойства.

К потерям, которые терпит народное хозяйство от коррозии, должны быть причислены также огромные расходы на всякого рода защитные антикоррозионные мероприятия, потери прибыли от ухудшения качества выпускаемой продукции, вывод из строя техники, производственных аварий и т.п.

Список литературы

1. Красная Е.Г., Таранцева К.Р., Фирсова О.В. Оценка экологического ущерба вследствие коррозионного разрушения оборудования // Молодежь. Наука. Инновации: сб. ст. XI Междунар. науч.-практ. интернет-конф. / Пенз. гос. техн. акад. – Пенза, 2015. – 4 с.

2. Kotlotech.ru: журнал о котельном оборудовании [Электронный ресурс]. – URL: <http://kloteltech.ru/kotly-utilizatory-gazov> (дата обращения: 10.09.2015).

3. Паровая турбина [Электронный ресурс] // Википедия – свободная энциклопедия. – URL: <https://ru.wikipedia.org> (дата обращения: 15.09.2015).

4. Большая энциклопедия нефти и газа [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.ngpedia.ru/id502402p1.html> (дата обращения: 09.09.2015).

5. Энциклопедия теплоснабжения на информационной системе по теплоснабжению РосТепло.ру [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.rosteplo.ru> (дата обращения: 05.10.2015).

6. Щеголев М.М. Топливо, топки и котельные установки. – 4-е изд., перераб. – М.: Госстройиздат, 1953. – 546 с.

7. Ремонт технологического оборудования [Электронный ресурс]: метод. пособие / сост. Е. Доровских; Кириш. политехн. техникум. – 23 с. – URL: <http://spokipk.kiredu.ru/posobie%20operatorov/Ремонт%20технологического%20оборудования.pdf> (дата обращения: 10.09.2015).

8. Поникаров И.И., Перелыгин О.А. Машины и аппараты химических производств [Электронный ресурс] // Процессы и аппараты химической технологии (ПАХТ). – URL: <http://paht.vector-study.ru> (дата обращения: 01.10.2015).

9. Науч.-производств. объединение ООО «РОКОР» [Электронный ресурс]. – URL: <http://b2bregister.ru/view/516253> (дата обращения: 01.10.2015).

10. Нильссон К. Коррозия в паяных теплообменниках для систем водоснабжения [Электронный ресурс] / Центр хим. исслед-й материа-

лов (Materials&Chemistry Centre), компания Alfa Laval Lund AB. – URL: <http://local.alfalaval.com> (дата обращения: 01.10.2015).

11. АО «НИИ по нефтепромысловой химии»: сайт компании [Электронный ресурс]. – URL: <http://neftpx.ru/development/ingibitory-soleotlozhenij> (дата обращения: 14.08.2015).

References

1. Krasnaia E.G., Tarantseva K.R., Firsova O.V. Otsenka ekologicheskogo ushcherba vsledstvie korrozionnogo razrusheniia oborudovaniia [Assessing the environmental damage due to corrosion damage equipment]. Penzinskaia gosudarstvennaia tekhnicheskaiia akademiia. Penza, 2015. 4 p.

2. Kotlotech.ru. Zhurnal o kotel'nom oborudovanii [Kotlotech.ru. Journal of the boiler equipment], available at: <http://kotlotech.ru/kotly-utilizatory-gazov> (accessed 10 September 2015).

3. Parovaia turbina [Steam turbine]. *Vikipediia. Svobodnaia entsiklopediia*, available at: <https://ru.wikipedia.org> (accessed 15 September 2015).

4. Bol'shaia entsiklopediia nefti i gaza [Great Encyclopedia of oil and gas], available at: <http://www.ngpedia.ru/id502402p1.html> (accessed 09 September 2015).

5. Entsiklopediia teplosnabzheniia na informatsionnoi sisteme po teplosnabzheniiu RosTeplo.ru [Rosteplo.ru. Encyclopedia of information heat supply system the heat supply], available at: <http://www.rosteplo.ru> (accessed 05 October 2015).

6. Shchegolev M.M. Toplivo, topki i kotel'nye ustanovki [Fuel, furnaces and boilers]. Moscow: Gosstroizdat, 1953. 546 p.

7. Dorovskikh E. Remont tekhnologicheskogo oborudovaniia [Repair of the process equipment]. Kirishskii politekhnicheskii tekhnikum. 23 p., available at: <http://spokipk.kiredu.ru/posobie%20operatorov/Ремонт%20технологического%20оборудования.pdf> (accessed 10 September 2015).

8. Ponikarov I.I., Pereygin O.A. Mashiny i apparaty khimicheskikh proizvodstv. Protsessy i apparaty khimicheskoi tekhnologii [Machinery and Apparatus for Chemical Industry. Processes and devices of chemical technology], available at: <http://paht.vector-study.ru> (accessed 01 October 2015).

9. Nauchno-proizvodstvovstvennoe ob"edinenie OOO "ROKOR" [Scientific and Production Association LLC "ROKOR"], available at: <http://b2bregister.ru/view/516253> (accessed 01 October 2015).

10. Nil'sson K. Korroziia v paianykh teploobmennikakh dlia sistem vodosnabzheniia [Corrosion in brazed heat exchangers for water systems]. Tsentr khimicheskikh issledovani materialov (Materials&Chemistry Centre), Alfa Laval Lund AB, available at: <http://local.alfalaval.com> (accessed 01 October 2015).

11. Sait kompanii "Nauchno-issledovatel'skii institut po neftepromyslovoi khimii" [Research Institute of oilfield chemistry. Official website], available at: <http://neftpx.ru/development/ingibitory-soleotlozhenij> (accessed 14 August 2015).

Получено 28.10.2015

Об авторе

Болотова Юлия Владимировна (Пермь, Россия) – магистрант кафедры «Теплогазоснабжение, вентиляция и водоснабжение, водоотведение» Пермского национального исследовательского политехнического университета; e-mail: BWJylia@mail.ru.

Ручкинова Ольга Ивановна (Пермь, Россия) – доктор технических наук, профессор кафедры «Теплогазоснабжение, вентиляция и водоснабжение, водоотведение» Пермского национального исследовательского политехнического университета; e-mail: xgogax@mail.ru.

About the author

Iulia V. Bolotova (Perm, Russian Federation) – Master Student, Department "Heat Gas Supply, Ventilation, Water Supply and Sanitation", Perm National Research Polytechnic University; e-mail: BWJylia@mail.ru.

Olga I. Ruchkinova (Perm, Russian Federation) – Doctor of Technical Sciences, Professor, Department "Heat Gas Supply, Ventilation, Water Supply and Sanitation", Perm National Research Polytechnic University; e-mail: xgogax@mail.ru.