

**УДК 621.316**

К.М. ЛЕБЕДЕВА, студент гр. 1-1М (ИГЭУ)  
 Научный руководитель Н.А. ЕРЕМИНА, к.т.н., заведующий кафед-  
 рой ХХТЭ (ИГЭУ)  
 г. Иваново

## **ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ РЕАГЕНТОВ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ЖЕЛЕЗА В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ВОДАХ ТЭС**

### **Состояние вопроса. Задачи исследования**

Экологический аспект энергетической безопасности связан с воздействием топливно-энергетического комплекса на окружающую среду, с выбросами продуктов сгорания топлива в атмосферу и, как следствие, с возникновением ряда проблем: усилением парникового эффекта, выпадением кислотных дождей, образованием больших объемов сточных вод и внесением загрязнений в природные водные объекты. [1]

Более половины тепловых электрических станций (ТЭС) России на текущий момент подошли к пятидесятилетнему рубежу эксплуатации или пересекли его [2]. Как следствие, необходим вывод из эксплуатации отработавших мощностей и ввод нового перспективного оборудования [3]. Нуждающимися в обновлении объектами, к примеру, являются «Ивановские ПГУ» и Череповецкая ГРЭС, источником водоснабжения которых является природная вода с повышенным и высоким содержанием железоорганических примесей.

Железо в природной воде находится, как правило, в виде плохо удаляемых железоорганических соединений, зачастую — с гуминовыми веществами [4]. Вследствие этого обработка воды на ТЭС (т.е. получение добавочной воды различных систем из природной воды) имеет первоочередной целью снижение содержания железоорганических веществ. Этот процесс выполняется на стадии предочистки в осветлителях. [5]

Целью данного исследования стало повышение эффективности предочистки природных вод с высоким содержанием железоорганических соединений, а также исследование методов снижения концентрации железа в оборотных системах водопользования на ТЭС.

Ниже приведены результаты исследований, выполненных опытным путём сотрудниками кафедры ХХТЭ ИГЭУ, а также полученных на базе анализа литературных источников.

### **Исследования по снижению концентрации железоорганических веществ на стадии предочистки**

#### **2.1. Водоподготовительная установка (ВПУ) Ивановских ПГУ**

Высокое содержание железоорганических веществ в исходной воде (р. Ухтохма), значительные сезонные изменения качества воды и частые колебания расхода обрабатываемой воды — таковы факторы, которые потребовали реконструкции всей технологической схемы ВПУ. При проектировании ВПУ особое внимание должно быть уделено вопросу сокращения стоков путем повторного их использования в качестве взрывляющих, регенерационных и отмывочных вод. Это позволит сократить потребление воды для ВПУ из внешнего источника, а также уменьшить объем стоков на 30-40%. В 2009-2012 годах уже была проведена реконструкция ВПУ, проводившаяся посредством ряда мер: переводом предочистки в режим коагуляции сульфатом алюминия, последовательным включением Накатионитных фильтров и двух УОО, доукомплектацией схемы одной ступенью Н-ОН-ионирования [6].

На начальном этапе пуско-наладочных работ выяснено, что ФОП работает недостаточно эффективно. В связи с этим были установлены фильтры тонкой очистки (ФТО) для более глубокого удаления железа перед УОО.

В 2020 году сотрудниками кафедры ХХТЭ было проведено изучение состояния технологии обработки воды на ВПУ Ивановских ПГУ. Исследования показали, что наибольший эффект дает использование сернокислого алюминия с дозой от  $1,2\div1,25$  мг-экв/л в присутствии анионактивного среднемолекулярного флокулянта AN923VHM с дозой 0,1–0,2 мг/л, а также подщелачивание воды в случае значительного уменьшения ее щелочности. Следующей стадией обработки осветленной воды в рамках предварительной очистки является фильтрация на механических напорных фильтрах (МФ). Исследования фильтрации воды с разными фильтрующими материалами показали, что в процессе очистки воды с высоким содержанием железоорганических примесей (ИвПГУ) лучшие сорбционные свойства проявил «Purolite». Использование предложенных мероприятий позволит улучшить процесс осветления воды, сократить её расход, а также энергозатраты на собственные нужды.

## *2.2. ВПУ Череповецкой ГРЭС*

Предварительная очистка воды р. Суда Череповецкой ГРЭС (п. Кадуй) осуществляется в двух осветлителях ЦНИИ 1 номинальной производительностью  $250 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

Большую часть года, учитывая повышенные значения жёсткости исходной воды, предварительная очистка ВПУ эксплуатируется в режиме известкования с коагуляцией. В паводковый период осветлители эксплуатируются в режиме коагуляции сульфатом алюминия с дозировкой полиакриламида (ПАА).

С целью повышения эффективности предочистки в условиях Череповецкой ГРЭС были проведены лабораторные исследования коагуляции воды с использованием наиболее дешёвого коагулянта, применяемого на

ГРЭС, а также сульфата алюминия и новых альтернативных поликариламиду флокулянтов производства компании SNF (Франция).

В пределах дозировки сульфата алюминия 0,44-1,64 мг-экв/л были определены эффективные значения pH и дозы коагулянта. С уменьшением значений pH<sub>25</sub> эффективность удаления железоорганических соединений из воды увеличивается, что улучшает работу оборудования. Приемлемый визуально и по показаниям качества проб воды результат удалось получить при pH<sub>25</sub>=5,8÷6,0.

С увеличением дозы коагулянта при постоянном значении pH<sub>25</sub> эффективность удаления органических соединений увеличивается. Наибольшая результативность была получена при коагуляции с флокулянтом FA 920 PWG. Предлагаемые мероприятия позволяют, как и в предыдущем случае, улучшить процесс коагуляции воды, уменьшить её расход и энергозатраты на собственные нужды.

### **Уменьшение скорости коррозионных процессов и снижение концентрации железа в циркуляционной воде оборотных систем ТЭС (по литературным данным)**

Сотрудниками кафедры ХХТЭ ИГЭУ было проведено исследование водного режима СОЗК (системы охлаждения замкнутого контура) энергоблока с ПГУ, а также усредненных по декадам показателей качества охлаждающей воды (pH и концентрация железа) за последний год эксплуатации.

Анализ данных позволил заключить следующее:

1. Имеет место высокая скорость коррозии конструкционных материалов СОЗК, характеризующаяся значительной концентрацией железа в циркуляционной воде;
2. Отмечаются большие потери охлаждающей воды;
3. Контур заполняется и подпитывается недеаэрированной водой, что создает концентрацию кислорода на уровне 5÷7 мг/л;
4. Переход подпитки СОЗК на конденсат вместо умягченной воды позволяет уменьшить концентрацию железа в циркуляционной воде и, следовательно, снизить скорость коррозии стали.

В целях определения характера коррозии металла и состава отложений была произведена вырезка металла трубопровода охлаждающей воды СОЗК. Анализ снятых отложений показал, что глубина коррозионного разрушения металла составляет 0,10÷0,15 мм; этот факт позволяет характеризовать коррозию как сильную. Таким образом, основную массу отложений составляют продукты коррозии конструкционной стали при небольших включениях солей жёсткости и кремниевой кислоты.

На основании проведённых исследований были рекомендованы следующие мероприятия по предотвращению (снижению) скорости коррозии металла СОЗК:

1. Очистка контура от продуктов коррозии:
  - путем химической промывки;
  - путем промывки водой с использованием диспергатора.
2. Применение ингибитора коррозии для дозирования в контур (в форме ингибитора на основе сульфита натрия);

**Вывод:** анализ полученных результатов, выполненный с участием автора, показал, что снижение концентрации кислорода в системе до значений менее 100 мкг/л обеспечивается достаточно эффективно. При расходе амината 20 л/ч достигается устойчивая концентрация кислорода 40÷50 мкг/л. С уменьшением концентрации кислорода значительно снижается скорость коррозии трубопроводов, однако накопленное ранее железо удаляется лишь посредством продувки. Рекомендованные мероприятия приводят к уменьшению расходов воды, также улучшается работа оборудования.

#### **Основные выводы:**

1. Проведенные исследования на Ивановских ПГУ и Череповецкой ГРЭС показали целесообразность перехода от известкования в осветлителе воды с высоким содержанием железо-органических примесей к коагулации сернокислым алюминием с подбором эффективного флокулянта. Это решение способствует уменьшению сбросов сточных вод в окружающую среду с допустимым количеством минеральных загрязнений и трудноокисляемых органических веществ, образующихся в процессе водоподготовки. Кроме того, данный метод способствует экономии ресурсов;

2. Отработана методика «пробной коагулации», позволяющая найти наиболее эффективные дозировки коагуланта и флокулянта (в частности, в условиях качества исходной воды Череповецкой ГРЭС):

- наиболее эффективным диапазоном рабочих значений pH<sub>25</sub> является (5,5÷6,0);
- доза сульфата алюминия не должна быть ниже 1,6 мг-экв/дм<sup>3</sup>;
- целесообразна замена полиакриламида более эффективным по результатам лабораторных исследований флокулянтом FA 920 PWG, который позволит улучшить процесс коагулации; в результате этого решения можно сократить расходы воды на собственные нужды.

Таким образом, правильный подбор реагентов, проведение опытно-промышленных исследований перед началом их применения, а также учет особенностей качества исходной воды и конструктивных особенностей оборудования ВПУ являются необходимыми условиями не только для наладки оптимального режима работы, но и с целью обеспечения экологической безопасности ТЭС в целом.

#### **Список литературы:**

1. Скриган А.Ю. Экологические аспекты энергетической безопасности Беларусии , 2012 г. – 110 с.
2. Филиппов С.П. ТЭЦ в России / Филиппов, С.П., Дильман М.Д. // Теплоэнергетика, 2018. №11 С.5–22.
3. Копсов А.Я. Особенности развития инвестиционных проектов в российской энергетике / А.Я. Копсов // Теплоэнергетика, 2010. – №8. – С. 4–7.
4. Ларин Б.М. Органические соединения в теплоэнергетике / Б.М. Ларин, Ю.А. Морыганова // Уч.пособие. Иваново. ИГЭУ. 2001. 144с.
5. Балабан-Ирменин, Ю.В. Фокина Н.Г. Исследование ингибиторов внутренней коррозии трубопроводов систем теплоснабжения при высоком содержании кислорода в сетевой воде/ Балабан-Ирменин Ю.В. Фокина Н.Г. // Электрические станции. 2007. №6. С. 35-39.
6. Ларин Б.М. Совершенствование технологии обработки воды с высоким содержанием железо-органических примесей для энергоблока ОАО «Ивановские ПГУ» / Б.М. Ларин, А.Н. Коротков, М.Ю. Опарин, А.Б. Ларин, И.А. Денисенко // Вестник ИГЭУ. – 2009. – №2. – С. 51–56.