

Аскарров Фархад Зульфатович,

студент магистратуры,

научный руководитель – Шагиев Наиль Газнавинович,

канд. техн. наук, доцент,

ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,

г. Казань, Республика Татарстан, Россия

ВОЗМОЖНОСТИ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ АНАЛИЗА ВОДНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРЕДПУСКОВЫХ ХИМИЧЕСКИХ ОЧИСТОК ТЕПЛООБМЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ТЭЦ

В статье анализируются возможности применения термодинамических расчётов для предварительной оценки эффективности использования комплексонов при проведении предпусковых химических очисток теплообменных агрегатов теплофикационных электростанций.

Ключевые слова: предпусковые химические очистки, комплексоны, композиции, термодинамические расчёты, теплообменное оборудование.

Химические очистки оборудования ТЭЦ от отложений подразделяются на предпусковые и эксплуатационные.

Предпусковые химические очистки теплообменных агрегатов ТЭЦ предназначены для удаления производственной окалины, а также продуктов коррозии, накопившихся за период простоя оборудования. Это означает, что в составе отмываемых отложений преобладают соединения железа, теплопроводность которых значительно меньше, чем у самого металла.

Увеличение толщины слоя отложений в ходе последующей эксплуатации теплоэнергоустановок сверхвысокого давления может заметно снизить не только тепловую экономичность, но и надёжность различных типов теплообменников. Это связано с интенсификацией местных видов коррозии из-за концентрирования агрессивных примесей в водном рабочем теле, например, в областях нарушения плотного слоя отложений.

В отличие от предпусковых очисток, назначением *эксплуатационных* является удаление продуктов коррозии конструкционных материалов контура и

естественных примесей воды, поступающих в цикл в основном с присосами охлаждающей воды через неплотности в конденсаторах турбин.

Химическая очистка имеет три этапа: водная отмывка, химическая очистка, пассивация. Первый этап необходим для предпусковых очисток, его назначение – удаление различных взвесей, таких как песок, грат и др. Второй этап является основным, и, в зависимости от величины и характера отложений, проводится в одну, две или более стадий. Назначение третьего этапа – это защита очищенной поверхности от последующего коррозионного воздействия.

Для проведения химических очисток теплоэнергетического оборудования могут применяться различные моющие реагенты. Выбор способа очистки теплообменных агрегатов зависит от состава отложений и степени их сцепленности с металлической поверхностью. Вещества, которые целесообразно использовать для удаления отложений, содержащих соединения металлов, можно условно разделить на несколько групп.

Во-первых, это минеральные кислоты – соляная, серная и др. Их отличает дешевизна и доступность, универсальность с точки зрения возможности одновременного взаимодействия с различными катионами металлов.

Вторая группа моющих веществ – это органические кислоты типа лимонной, щавелевой, фталевой и др. Они дороже минеральных кислот, но более «бережно» взаимодействуют с очищаемой металлической поверхностью.

Требованиям, предъявляемым к таким веществам в большой теплоэнергетике, наиболее полно отвечают комплексоны [1]. Это сложные органические кислоты, способные образовывать прочные растворимые соединения со многими катионами, в том числе с ионами двухвалентного и трёхвалентного железа.

Правильная оценка применимости реагентов для очистки должна предусматривать, прежде всего, хорошее состояние очищаемой поверхности, быстрый выход на нормируемые показатели в начальный период последующей эксплуатации, отсутствие взвешенных оксидов железа, отсутствие значительных

избытков реагентов в воде, невысокие концентрации железа в сбрасываемом отмывочном растворе.

Высокие промывочные качества имеет лимонная кислота, применяемая в виде моноцитрата аммония. Её применение позволяет отмывать отложения продуктов коррозии и кальциевые накипи. Однако, как и для всех кислот, для протекания реакций с катионами отложений необходимо иметь в растворе существенную избыточную концентрацию кислоты, например, до 4 % (40 г/кг), сбрасываемую бесполезно. Создаваемые органическими кислотами комплексы с катионами отложений обладают относительно невысокой прочностью. Поэтому необходимы их избыточные концентрации в растворе. Более прочные комплексы со всеми катионами отложений образуют комплексоны – как в кислотных, так и в солевых формах. В связи с этим в растворе не требуется избыточная концентрация комплексона сверх расчётной по стехиометрическим соотношениям для отмывки определённого количества отложений, то есть весь введённый комплексон будет израсходован полностью. В последние десятилетия лимонная кислота заменяется в композициях другими органическими кислотами, и ведутся экспериментальные работы по использованию минеральных кислот в композициях с комплексонами.

Для предварительной оценки возможности применения комплексообразующих реагентов целесообразно использовать термодинамические методы анализа процессов в системах типа «комплексон – металл – вода» с созданием математической модели, позволяющей определять равновесные концентрации различных ионных форм в многокомпонентных растворах [3].

Разработка программного обеспечения для автоматизации технологических процессов при проведении различных водно-режимных мероприятий в теплоэнергетике должна быть увязана с существующими возможностями оперативного контроля параметров водной среды.

Термодинамические расчёты позволяют проанализировать различные теоретические аспекты и практические вопросы, связанные с разработкой и осуществлением технологий удаления отложений путём химических очисток:

- определение величины рН раствора в зависимости от концентраций реагентов для систем с произвольным количеством компонентов, в том числе комплексонов и комплексонатов;

- нахождение интервалов рН термодинамической устойчивости комплексонатов и максимальной металлоёмкости отмывочных композиций на основе комплексонов;

- изучение закономерностей комплексообразования при одновременном присутствии нескольких видов катионов;

- расчёт растворимости веществ, находящихся в качестве шламообразующих примесей в воде.

Необходимо отметить, что при высоких параметрах системы, характерных для большой энергетики, проведение экспериментов и получение каких-либо количественных характеристик весьма затруднено. В таких условиях термодинамические методы анализа процессов могут иметь особое значение, прежде всего, для поиска оптимальных условий технологических процессов [2].

Результаты термодинамических расчётов могут быть использованы для оптимизации существующих и разработки новых технологий удаления малотеплопроводных отложений, что приводит к более экономному расходованию химических реагентов и снижению вредных стоков ТЭЦ, а также минимизации чрезмерного негативного воздействия на рабочие поверхности теплообменных агрегатов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Маргулова Т.Х. *Водные режимы тепловых и атомных электростанций: учебник для вузов* / Т.Х. Маргулова, О.И. Мартынова. – М.: Высшая школа, 1981.
2. Чичирова Н.Д. *Воздействие продуктов термической деструкции комплексообразующих веществ на процессы коррекционной обработки рабочего тела теплоэнергоустановок* / Н.Д. Чичирова, Ю.В. Абасев, Н.Г. Шагиев // *Труды Академэнерго*. – 2016. – №4. – С. 77-84.
3. Shagiev N.G., Chichirova N.D. *The thermodynamic analysis of processes in water environments of power stations / Second International Symposium on Energy, Environment & Economics. EEE-2*. – Kazan. – 1998. – V. 1. – P. 203-206.