

*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.