



ВТИ

ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
"ВСЕРОССИЙСКИЙ ДВАЖДЫ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ"
(ОАО "ВТИ")



ISO 9001:2015 № 2017/73917.1
ISO 14001:2004 № 2016/71605.1, OHSAS 18001:2007 № 2016/71606.1
ИНН 7725054856, КПП 772501001, ОГРН 1027700158485

Российская Федерация, 115280
г. Москва, ул. Автозаводская, д. 14
Телефон: (495) 234-76-30, 234-76-17
Факс: (495) 234-74-27
E-mail: vti@vti.ru, http://www.vti.ru

№ _____
На № _____ от _____

Утверждаю
Генеральный директор
ОАО «ВТИ»
Ряутов Борис Федорович
«30» августа 2017 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации открытого акционерного общества
«Всероссийский дважды ордена трудового красного знамени
теплотехнический научно-исследовательский институт» (ОАО «ВТИ»)
на диссертацию ЛАРИНА Андрея Борисовича
«**Разработка метода химического контроля на основе измерений
электропроводности и рН и совершенствование систем обеспечения
водно-химического режима на ТЭС**»,
представленную на соискание ученой степени доктора технических наук
по специальности 05.14.14 «Тепловые электрические станции,
их энергетические системы и агрегаты»

Актуальность темы диссертации

Нормы качества водного теплоносителя тепловых и атомных электростанций содержат в качестве обязательных измерения удельной электропроводности и рН. Такие измерения проводятся автоматическими анализаторами в потоках охлажденных проб питательной, котловой воды, пара и других водных сред. Разработанный в ВТИ во второй половине XX века метод автоматического химического контроля (АХК), основанный на измерениях электропроводности прямой (χ) и Н-катионированной (χ_H) пробы широко используется на электростанциях России, однако, исчерпал свои возможности. Развитие информационных систем, в том числе, систем сбора и обработки данных автоматического химического контроля, ставит задачи расширения объема информации от датчиков электропроводности и рН на расчетные определения концентраций ряда основных ионных примесей, таких

как аммиак, фосфаты, натрий и хлориды – жестко нормируемые в водном теплоносителе.

Разработка «умных» приборов и систем АХК, обладающих измерительными и диагностическими функциями, является актуальной задачей теплоэнергетики двадцать первого век, а решение этой задачи на базе отечественных анализаторов ставит представленную работу в ряд наиболее важных научных исследований, способных внести значительный вклад в развитие энергетической отрасли.

Цель работы разработка на базе отечественных приборов – кондуктометров и рН-метров нового метода для системы химико-технологического мониторинга (СХТМ) нового поколения, отвечающая современным требованиям к качеству водного теплоносителя на ТЭС и обеспечивающая эксплуатационную надежность теплоэнергетического оборудования средствами водно-химического режима, включая паровые котлы, установки обработки природных вод с повышенным содержанием органических веществ и вспомогательные системы.

Анализ содержания работы

Диссертация содержит введение, семь глав, заключение, список литературы (состоит из 249 наименований), 19 приложений (занимают 97 страниц). Общий объем работы 471 страница (основной текст диссертации 374 страницы).

В первой главе диссертации дан анализ состояния водно-химического режима (ВХР) и химконтроля с выделением трех типов теплоэнергетического оборудования: действующие ТЭС с барабанными котлами СВД ($P_6=13,8$ МПа), новые энергоблоки с ПГУ и энергоблоки с прямоточными котлами СКД ($P_{оп}=23$ МПа) и ССКП ($P_{оп}$ до 30 МПа). Показана необходимость и возможность расширения измерительных и диагностических функций приборов и систем АХК на базе измерений электропроводности и рН. Показана необходимость совершенствования систем обеспечения ВХР, в первую очередь, установок

водоподготовки, и особое их значение при очистке природных вод невысокой минерализации с повышенным содержанием органических веществ – такие воды характерны для значительных территорий России.

Во второй главе представлен методический подход к решению задач исследования, который состоит, в разработке метода, основанного на, прежде всего сочетании измерений электропроводности и рН охлажденных проб с математической моделью водного теплоносителя, включающей математическое описание ионных равновесий в рамках теории электролитов. Заслугой автора является адаптация этой теории для растворов смеси электролитов, характерных для технологических вод ТЭС. В рамках предложенного метода автором разработаны методики и алгоритмы для типового теплоэнергетического оборудования, включая основные и вспомогательные системы, на базе рекомендуемого СТО ВТИ-2009 объема измерений χ и рН. Достоверность авторских методик и алгоритмов обеспечивается лабораторными стендовыми исследованиями и промышленными испытаниями на действующем оборудовании.

В третьей главе представлены результаты исследований на барабанных котлах ($P_6 > 10$ МПа). Математическая модель ионных равновесий ИГЭУ решена автором для условий питательной и котловой воды с введением нескольких эмпирических коэффициентов. Это позволило свернуть описание задачи до пяти уравнений с возможностью решения для разного объема измерений: от полного объема, согласно СТО ВТИ-2009, до предельно сокращенного объема, состоящего из двух измерений электропроводности и рН, характерного для старых ТЭС.

Отладка разработанных алгоритмов, согласно изложенной методики, выполнена с участием автора в условиях лабораторного стенда и промышленного котла ТП-87 Ивановской ТЭЦ-3, и проверена на ТЭЦ-23, ТЭЦ-9 ОАО «Мосэнерго», Гусиноозерской ГРЭС и др. ТЭС России. Исследования показали возможность косвенного (расчетного) определения концентраций аммиака в питательной воде и фосфатов – в котловой воде по измерениям

электропроводности и рН с ошибкой не более 10%, что является приемлемым для задач оперативного химического контроля.

В четвертой главе представлены результаты исследований для условий ВХР котлов-утилизаторов энергоблоков с ПГУ. Решение «обобщенной математической модели», полученное автором, отличается от решения для барабанных котлов. Математическое описание ионных равновесий водного теплоносителя представлено семью уравнениями с иными эмпирическими коэффициентами, полученными и проверенными в условиях работы блоков работы блоков ПГУ трех электростанций. Подробное описание представлено впервые и позволяет рассчитывать концентрации отдельных компонентов и анализировать состояние водного режима блока ПГУ по измерениям электропроводности и рН. Такой анализ выявил отклонение от рекомендуемых норм, в частности, по аммиаку в питательной воде и по натрию – в котловой.

В пятой главе представлены результаты исследований для блоков с прямоточными котлами СКД и ССКП. Как известно, котловая вода в этих условиях отсутствует, как объект химконтроля, питательная вода и пар контролируются измерениями электропроводности с косвенным (расчетным) определением концентраций примесей. Преобразования «обобщенной математической модели» ионных равновесий в этом случае имеет простое выражение и позволяет определять концентрации не только минеральных, но и органических примесей, что дает возможность замены дорогостоящих анализаторов «общего органического углерода» (ТОС) простыми измерениями удельной электропроводности охлажденных проб воды и пара. Проведенный автором анализ поведения органических веществ на примере солей ЭДТК в условиях тракта энергоблока с прямоточным котлом показал возможность пересчета органических примесей – потенциально кислых веществ на условную концентрацию уксусной кислоты, что позволяет осуществлять количественный контроль коррозионно-опасных органических веществ.

В шестой главе автором выполнено обобщение исследований на энергетических котлах трех типов и предложены перспективные варианты реализации результатов. Один из вариантов внедрен на барабанном котле ТП-87 Ивановской ТЭЦ-3 (ст. №3), где успешно прошел промышленные испытания в течение двух отопительных сезонов. Другой вариант реализован в виде автоматического анализатора АПК-051 (совместная разработка с НПП «Техноприбор», г. Москва) и прошел успешные испытания на ТЭЦ-9 ОАО «Мосэнерго» и Костромской ГРЭС. Разработан метод контроля и управления дозировкой фосфатов на барабанных котлах с давлением пара 13,8 МПа. Предложен метод косвенного контроля потенциально кислых органических веществ – примесей питательной воды прямоточных котлов СКД и ССКП.

В седьмой главе представлены результаты исследований по совершенствованию систем обеспечения водного режима ТЭС с использованием измерений электропроводности и рН. Значительный объем исследований относится к системам водоподготовки, где с участием автора выполнены разработки по предочистке и полной обработке природных вод на примере установки Костромской ГРЭС, разработан расчетный метод оценки глубины декарбонизации воды атмосферными деаэраторами.

В заключении приведены общие выводы по работе и даны рекомендации в новый стандарт по водному режиму и водоподготовке на ТЭС.

Изложение материала диссертации характеризуется внутренним единством и высоким научным уровнем. Научные результаты диссертационной работы раскрыты в опубликованных единолично и в соавторстве работах, докладывались на международных и всероссийских конференциях, симпозиумах, семинарах. Автореферат соответствует содержанию диссертации и отражает её теоретические и практические результаты.

Значимость полученных автором диссертации результатов для развития химического контроля, водного режима и систем его обеспечения тепловых электростанций определяется следующим.

Теоретическое значение результатов диссертации

1. Развитие теории растворов электролитов на область сильно разбавленных водных растворов смеси сильных и слабых электролитов, что создает основу для расширения автоматического химического контроля состояния ВХР разбавленных и предельно разбавленных водных сред по измерениям электропроводности и рН.

2. Разработка методик расчета ионных равновесий разбавленных водных растворов электролитов, применяемых для широкого круга задач теплоэнергетики на ТЭС. Например, таких как управление водным режимом основного и вспомогательных контуров, в т.ч. автоматизация дозирования фосфатов в барабаны котлов, управление работой деаэратора, поддержание нормативного значения рН в воде системы охлаждения статора электрогенератора.

3. Разработка методик и алгоритмов для создания отечественных импортозамещающих систем химико-технологического мониторинга и отдельных автоматических анализаторов, применимых на энергоблоках с барабанными котлами, блоках ПГУ, СКД и ССКП.

Практическая ценность работы

1. Разработана и внедрена на котле ТП-87 Ивановской ТЭЦ-3 (ст. №3) система химико-технологического мониторинга, реализовавшая предложенный метод АХК. Система может быть распространена практически на все барабанные котлы СВД ($P_6=13,8$ МПа).

2. Разработан и принят к реализации в производство НПП «Техноприбор» автоматический анализатор примесей конденсата и питательной воды АПК-051. Теоретически обоснован и прошел испытания новый, более перспективный образец АПК-Лидер. Прибор даёт комплексный контроль, отвечающий объёму измерений СТО ВТИ-2009, и является конкурентоспособным изделием по отношению к западноевропейским анализаторам «FAM Deltacon рН», «AMI Deltacon Power». Макет анализатора

отмечен высшей наградой международного инновационного салона в Женеве (Швейцария) и обеспечен патентами.

3. Разработаны с использованием измерений электропроводности и pH практические рекомендации и комплексные меры по совершенствованию технологии предочистки и ионообменного обессоливания природных вод с повышенным содержанием железо-органических веществ, включая восстановление анионитов и утилизацию сточных вод.

4. Разработаны с использованием измерений электропроводности и pH и защищены патентами способы контроля и управления дозировками фосфатов в барабаны котлов, способы и устройства по определению нормируемых и диагностических показателей качества водных сред основного и некоторых вспомогательных контуров на ТЭС, применимые для широкого круга задач совершенствования технологии и контроля обработки воды на ТЭС.

Обоснованность и достоверность полученных результатов и выводов не вызывают сомнений и подтверждены эксплуатацией на реальных объектах теплоэнергетики, а так же предшествовавшими ей исследованиями на лабораторных стендах и сходимостью отдельных результатов с данными ВТИ, МЭИ и др.

Вопросы и замечания по диссертационной работе

1) Отмечая актуальность работы следовало показать, почему разработанный в конце прошлого века метод контроля качества водного теплоносителя измерением электропроводности охлажденных проб воды и пара на ТЭС получил ограниченное применение и как его можно развивать.

2) Автором отмечено развитие им теории растворов электролитов. Следовало бы конкретно указать, что нового внес автор при разработке нового метода химического контроля.

3) В работе отсутствуют исследования при аминокислотосодержащих водных режимах блоков ПГУ. Такой ВХР достаточно широко применяется на российских ТЭС и идет его промышленная апробация.

4) Не вполне ясно, какова универсальность измерительно-диагностической системы АХК, разработанной автором и внедренной на Ивановской ТЭЦ-3.

5) Эффективность работы деаэрата подпитки котлов и тепловых сетей оценивается снижением концентрации кислорода. Какова актуальность оценки по снижению концентрации углекислоты и где могут использоваться результаты исследования в этом направлении?

Конкретные рекомендации по использованию результатов и выводов приведены в диссертации

Результаты выполненных автором исследований, заключающихся в виде описанных в диссертации научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок, внедрены (включены в опытно-промышленную эксплуатацию) на различных объектах теплоэнергетических систем. Таким образом, может быть рекомендовано лишь более широкое их применение (серийный выпуск).

Разработанные математические модели, алгоритмы и принципы построения систем АХК ВХР и систем обеспечения ВХР ТЭС могут быть использованы научно-исследовательскими организациями и научно-производственными предприятиями при разработке новых видов приборов и систем АХК для ТЭС и АЭС и при дальнейшем совершенствовании существующих систем химического контроля водного теплоносителя.

Заключение по работе

Диссертационная работа Ларина А.Б. «Разработка метода химического контроля на основе измерений электропроводности и рН и совершенствование систем обеспечения водно-химического режима на ТЭС» отвечает требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», в частности, пунктов 9-14, утвержденного правительством РФ от 24.09.2013 г. №842 и может быть оценена ПОЛОЖИТЕЛЬНО. Соискатель Ларин Андрей Борисович заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности

05.14.14 – «Тепловые электрические станции, их энергетические системы и агрегаты».

Диссертационная работа Ларина Андрея Борисовича и отзыв на нее обсуждены на совместном заседании Отделения водно-химических процессов тепломеханического оборудования ТЭС и Отделения турбинных установок открытого акционерного общества «Всероссийский дважды ордена трудового красного знамени теплотехнический научно-исследовательский институт» с привлечением специалистов других отделений, протокол № 3 от 30 августа 2017 г.

Отзыв составлен:

Зам. заведующего

Отделения водно-химических процессов
тепломеханического оборудования ТЭС
ОАО «ВТИ»

e-mail: TVZezyulya@vti.ru, Тел: 8 (499) 682-94-47

Заведующая лабораторией

Отделения водно-химических процессов
тепломеханического оборудования ТЭС
ОАО «ВТИ»

кандидат технических наук

E-mail: @vti.ru, Тел.: 8. (499) 682-93-77; 8 (499) 682-94-28

Научный руководитель

ОАО «ВТИ»

доктор технических наук

E-mail: vti@vti.ru, Тел.: 8 (495) 234-76-17, 8 (499) 682-93-68

Зезюля

Тамара Викторовна

Овечкина

Ольга Владимировна

Тумановский

Анатолий Григорьевич