ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА
на диссертацию Ларина Андрея Борисовича
"Разработка метода химического контроля на основе измерений электропроводности и pH 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

На отзыв представлена диссертация Ларина А.Б., изложенная на 374 страницах, состоящая из введения, семи глав, заключения, списка литературы из 249 наименований и приложений, размещенных во 2-м томе диссертации.

Актуальность работы несомненна и исчерпывающим образом обоснована автором во введении.

Работа посвящена совершенствованию химического контроля и водного режима традиционных, новых и перспективных энергетических котлов ТЭС. Повышение уровня эксплуатации, продление ресурса традиционных паровых котлов, ускоренная адаптация новых энергоблоков с парогазовыми установками (ПГУ), строительство и ввод в эксплуатацию перспективных прямоточных котлов СКД и супер-СКД (ССКП) в значительной мере зависят от состояния, контроля и управления водно-химическими режимами (ВХР) теплоэнергетического оборудования. Развитие информационных технологий обеспечивает быстрый сбор и обработку информации от датчиков автоматических анализаторов химического контроля и создает условия глубокой автоматизации управления ВХР. В современной теплоэнергетике при сокращении численности персонала единственно возможным путем развития систем автоматического химического контроля (АХК) и всего теплоэнергетического комплекса является принятый автором путь, состоящий в использовании надежных отечественных анализаторов, разработке адекватных физико-химическим процессам математических моделей поведения примесей воды и в создании алгоритмов для приборов АХК и систем мониторинга.

Анализ степени новизны, обоснованности и практической ценности основных положений диссертации. Оценим новизну, обоснованность и ценность каждого из сформулированных автором

основных положений (с. 345-349).

1. Разработан метод химического контроля на основе измерений электропроводности и pH и решения обобщенной математической модели ионных равновесий в водных растворах в частных условиях работы отдельных видов основного и вспомогательного оборудования ТЭС. Разработаны методики и алгоритмы контроля и управления водно-химическим режимом, реализованные или имеющие возможность широкой реализации в новом поколении приборов автоматического химконтроля, оперативных системах контроля и управления ВХР, технических решениях, повышающих эксплуатационные и экологические показатели теплоэнергетического оборудования.

Вывод обобщает основное содержание исследований диссертанта, безусловную новизну и практическую значимость их результатов. Вывод раскрыт более подробно, детализирован в последующих положениях.

2. Воспроизводимость и достоверность частных решений ММ ионных равновесий на основе измерений электропроводности и pH охлажденных проб обеспечена использованием классической теории электропроводности, развитой химической школой ИГЭУ применительно к технологическим водам ТЭС, проверена на модельных растворах на лабораторных стендах и рабочей среде промышленных энергоблоков. Показано, что измеренные и расчетные значения удельной электропроводности водных растворов: от бесконечно разбавленных до концентрации котловой воды различаются в пределах 3÷4%, что обеспечивает косвенное определение отдельных компонентов питательной воды (аммиак и др.) и котловой воды (фосфаты и др.) в пределах ошибки 5÷10%.

Вывод подтверждает достоверность и обоснованность результатов проведенных исследований и разработанных на их основе методик. Работы водно-химической школы ИГЭУ хорошо известны и получили полное признание как в научных кругах, так и среди специалистов-эксплуатационников.

3. На базе штатного объема АХК, прежде всего, измерений электропроводности и pH в питательной, котловой воде и паре барабанного котла СВД (Рб=13,8 МПа), разработан новый метод определения нормируемых и диагностических показателей отличающий-

ся тем, что впервые в качестве базового параметра состояния водного режима использовано измерение электропроводности Н-катионированной пробы котловой воды (χН,с.о) что обеспечило, вместе с прямыми измерениями χ, χН, pH косвенные измерения аммиака, хлоридов, натрия (условного) в питательной воде и фосфатов, солесодержание – в котловой воде. Метод внедрен на котле ТП-87 (ст.№3) Ивановской ТЭЦ-3, защищен патентом на изобретение РФ и получил высокую оценку на всемирном инновационном салоне в Брюсселе (Бельгия, 2011г.) и был представлен на конференции Международной ассоциации по свойствам воды и водяного пара (IAPWS) в Лондоне (Англия, 2013 г.).

Вывод является продолжением вывода 1. Новизна, в т.ч. подтвержденная патентной чистотой вывода, и его практическая ценность несомненны.

4. Разработана и проверена на энергоблоках ПГУ Северо-Западной ТЭЦ (г. Санкт-Петербург), ГТЭС «Терѐшково» (г. Москва), Минской ТЭЦ-5 (г. Минск) методика косвенных определений концентраций нормируемых показателей аммиачно-гидразинного водного режима, обеспечивающая непрерывный контроль качества питательной, котловой воды и пара. Проведено обследование состояния ВХР энергоблока ГТЭС «Терѐшково», где выявлены отклонения как в измерительной системе, так и водно-химическом режиме. Установлено несоответствие рекомендаций СТО ВТИ-2009 по нормированию значений pH и аммиака питательной воды котла-утилизатора.

Вывод имеет очевидную практическую ценность.

5. Проведено исследование ВХР энергоблоков СКД ряда ТЭС с прямоточными котлами. Показано, что в режимах работы с переменной нагрузкой поддержание высокого качества конденсата и питательной воды, соответствующего требованиям СТО ВТИ-2009, возможно при обеспечении эффективной работы БОУ и надѐжного автоматического химконтроля. В зависимости от плотности конденсаторов паровых турбин и режима работы энергоблока объѐм очищенного конденсата на БОУ обычно составляет от 1 до 5 млн. м3 при значениях удельной электропроводности 0,1 мкСм/см и ниже. Остаточная концентрация органических примесей в конденсате после БОУ меньше в случае использования ФСД и может составлять 4÷5 мкгС/дм3 по общему органическому углероду по сравнению с ис-

пользованием раздельного Н-ОН-ионирования с остаточным ООУ более 10÷15 мкгС/дм3.

Вывод также в определенной мере конкретизирует вывод 1 и подтверждает новизну и практическую значимость проведенных исследований.

6. Показана целесообразность увеличенного объёма АХК и, прежде всего, по измерениям электропроводности прямой и Н-катионированной проб, предложенного СТО ВТИ-2009 для водного теплоносителя энергоблоков ПГУ, блоков СКД и применимого для перспективных блоков ССКП. Показано, что термолиз сложных органических соединений, в частности, комплексоната железа, протекает в несколько стадий и даёт кислые продукты, в том числе уксусную и угольную кислоты, что даёт основание измерениями электропроводности и pH для разработки оперативного метода АХК по оценке содержания органических веществ в питательной воде блоков СКД и ССКП. Разработан с участием автора и использован фирмой-производителем метод калибровки pH-метров в условиях сверхчистой среды энергоблоков ТЭС. Проведённое исследование показывает, что признаком повышенного содержания в питательной воде органических потенциально-кислых веществ можно считать увеличение электропроводности острого пара по сравнению с питательной водой более, чем на 0,2÷0,3 мкСм/см и уменьшение величины pH на 0,1 единицу pH. Предложена простая формула пересчёта измеренных значений электропроводности на концентрацию условной уксусной кислоты. Предложенные способы защищены патентами на изобретение РФ.

Вывод понятен, несмотря на стилистическую погрешность изложения (выделено подчеркиванием). Новизна и практическая ценность вывода несомненны.

7. Разработанные методики и алгоритмы на основе представленного метода положены в основу новых приборных систем АХК, обеспечивающих прямые и косвенные измерения ряда основных нормируемых показателей ВХР действующего и перспективного оборудования, включая энергоблоки ПГУ и ССКП. Совместно с НПП «Техноприбор» (г. Москва) разработаны промышленные образцы приборов АХК нового поколения (АПК-051, АПК-Лидер), конкурентноспособные по отношению к импортным автоматическим анализа-

торам «FAM Deltocon pH» и «AMI Deltocon Power». Приборные системы обеспечены патентами на изобретение РФ.

Выполненные разработки новы и имеют значительную практическую ценность для отечественной теплоэнергетики.

8. Проведѐнное исследование позволяет считать основной схемой для обработки вод центра и севера России химическое обессоливание с традиционными и новыми противоточными фильтрами. Повышение эффективности действующих установок химического обессоливания может быть достигнуто комплексным применением ступенчатой регенерации Н-катионитных фильтров первой ступени (HI) с повышением концентрации серной кислоты, в сочетании с регенерацией сильноосновного анионита с выдержкой в растворе щѐлочи (AII); а также периодическими кислотно-соле-щелочными промывками слабоосновного анионита (AI). Данные положения подтверждены лабораторными и промышленными испытаниями на ХВО Костромской ГРЭС, Конаковской ГРЭС, ТЭЦ-23 и ТЭЦ-26 «Мосэнерго», ТЭЦ-ЭВС-2 ОАО «Северсталь» (г. Череповец), Смоленской АЭС и др. С участием автора проведены комплексные испытания и даны рекомендации по совершенствованию технологии подготовки воды на Ивановских ПГУ, энергетических предприятиях ОАО «Северсталь», Конаковской ГРЭС и др.

Вывод теоретически и экспериментально обоснован и весьма практически значим для электрических станций центра и севера России.

9. Использование измерений электропроводности и pH позволяет предложить пути совершенствования ВХР вспомогательных систем ТЭС. Так, измерение электропроводности оборотной воды системы охлаждения статора электрогенератора может быть использовано для автоматизации контроля и управления водным режимом в рамках эксплуатационных требований (Конаковская ГРЭС, Печерская ГРЭС, прил. 17). Использование измерений электропроводности и pH по стадиям химического обессоливания позволяет обеспечить количественный контроль эффективности удаления солевых компонентов, углекислоты и сократить стоки (Костромская ГРЭС). Измерение pH воды на входе и выходе деаэраторной установки позволяет количественно оценить эффективность декар-

бонизации воды в атмосферном деаэраторе. По отдельным разработкам получены патенты РФ.

Вывод в целом нов и практически значим.

Однако с новизной положения, выделенного мною подчеркиванием, трудно согласиться. Использование показателя pH для оценки эффективности десорбции CO_2 при деаэрации применяется уже около сорока лет, и описано, в частности, в наших монографиях (ссылки 233 и 236 в списке литературы к диссертации). Нельзя согласиться и с принятой автором оценкой эффективности удаления CO_2 по соотношению показателей pH до и после деаэрации: это соотношение может быть каким угодно, но если свободный диоксид углерода не удален, т.е. величина pH менее 8,33, - деаэрация неудовлетворительна.

10. Проведенное исследование позволило предложить рекомендации к разработке новых отраслевых норм качества водного теплоносителя ТЭС (прил. 20). Предложения доложены на Научно-практической конференции «Теоретические и практические вопросы применения приборов контроля ВХР в энергетике» (г. Н.Новгород, сентябрь 2015г.) и опубликованы в журнале «Энергосбережение и водоподготовка» (2015. № 4. С.56-63).

11. Как расчѐтные методики, экспериментальные стенды, так и результаты промышленных испытаний на оборудовании действующих ТЭС реализуются в учебном процессе при подготовке специалистов химиков – теплоэнергетиков, в том числе в форме монографий и учебных пособий.

Выводы 10 и 11 свидетельствуют о существенной практической ценности результатов, полученных диссертантом.

В дополнение к замечаниям, высказанным при анализе основных выводов, следует отметить следующее:

1. При формировании комплекта датчиков для системы химико-технологического мониторинга (гл. II, III) упущен из рассмотрения анализатор кислорода. Дополнение им измерительного блока позволило бы расширить диагностические возможности СХТМ в отношении как восстановительных, так и окислительных ВХР.

2. В шестой главе автор представляет новую приборную разработку АПК-051 для анализа качества конденсата и питательной воды. Следовало бы более конкретно указать отличия от аналогов западно-

европейской фирмы SWAN, включая алгоритм преобразования измеренной электропроводности в численные значения pH среды.

3. В заключительной седьмой главе автор предлагает интересную схему контроля и корректировки pH циркуляционной воды в системе охлаждения статора электрогенератора по измерениям удельной электропроводности. Разработка выполнена на Конаковской ГРЭС. Вопрос: является ли предложенная система универсальной и возможно ли ее использование на других электростанциях, включая АЭС?

4. При высоком в целом качестве оформления работы в изложении материала присутствуют некоторые повторы, опечатки и неточности.

Высказанные замечания, тем не менее, не снижают общей научной и практической ценности диссертации.

Общая оценка работы

Диссертационная работа представляет собой завершенный научный труд, содержащий научно-обоснованные технические и технологические решения по созданию нового метода химического контроля качества водного теплоносителя на тепловых электростанциях на основе измерений электропроводности и pH с обработкой данных по разработанным автором методикам и алгоритмам. По объему и качеству получаемой информации разработанный метод отвечает российским и международным стандартам и способен заменить импортные измерительные системы. Внедрение результатов диссертации вносит значительный вклад в развитие теплоэнергетики России, способствует продлению ресурса действующих энергетических котлов и ускоренному освоению водно-химических режимов новых и перспективных энергоблоков.

Результаты работы могут быть использованы при разработке проектов и эксплуатации энергоблоков с парогазовыми установками, энергоблоков с прямоточными котлами СКД и супер-СКД, а также для традиционных барабанных котлов с давлением 13,8 МПа.

Содержание диссертации достаточно отражено в публикациях автора, автореферат правильно передает основные результаты и выводы. Диссертация полностью соответствует специальности 05.14.14 – Тепловые электрические станции, их энергетические системы и агрегаты.

Проведенный выше анализ основных положений диссертации позволяет заключить, что тема диссертации актуальна, а полученные диссертантом и выносимые на защиту результаты, несмотря на отмеченные в настоящем отзыве недостатки, достоверны, обладают существенной научной новизной и практической ценностью.

Диссертация соответствует критериям, установленным Положением о присуждении учёных степеней для докторских диссертаций, в том числе п.п. 9, 10, 11, 13 и 14 (в ред. Постановления Правительства РФ от 21.04.2016 № 335). Автор диссертационной работы Ларин Андрей Борисович достоин присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.14.14 - «Тепловые электрические станции, их энергетические системы и агрегаты».

Официальный оппонент: доктор технических наук, профессор, , заведующий кафедрой, руководитель научно-исследовательской лаборатории «Теплоэнергетические системы и установки»

Шарапов Владимир Иванович

Место работы: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ульяновский государственный технический университет» (УлГТУ), кафедра «Теплогазоснабжение и вентиляция».
Адрес: ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный технических университет, 432027, г. Ульяновск, ул. Северный Венец, 32.
Телефон: 8(8422)778031
Email: vlad-sharapov2008@yandex.ru

Подпись д.т.н., профессора В. И. Шарапова заверяю.

Первый проректор – проректор
по научной работе д.т.н., профессор Н. Г. Ярушкина
(Надежда Глебовна)

14.09.2017г