ОТЗЫВ

официального оппонента Чагина Олега Вячеславовича
на диссертацию Горшенина Сергея Дмитриевича
«Обеспечение нормативной эффективности декарбонизации воды в атмосферных деаэраторах при их проектировании и эксплуатации»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 05.14.14 – «Тепловые электрические станции, их энергетические системы и агрегаты»

Актуальность темы диссертации определяется следующим. Термические деаэраторы атмосферного давления нашли широкое применение в энергетической отрасли в качестве деаэраторов питательной воды котлов низкого и среднего давлений, в том числе котлов-утилизаторов газотурбинных и парогазовых установок ТЭС, работающих с добавком химически очищенной воды, а также в качестве деаэраторов подпитки тепловых сетей. Поскольку массообменная эффективность деаэраторов зависит от значений многих факторов, для решения задач, связанных с обеспечением нормативного качества деаэрированной воды, требуются математические модели и методики, позволяющие рассчитывать показатели эффективности деаэрации при заданных значениях влияющих факторов. В отношении отдельных параметров эффективности декарбонизации воды в деаэраторах в настоящее время такие методики отсутствуют или характеризуются недостаточной точностью.

Диссертант на основе учета гидродинамических особенностей течения воды в деаэраторных баках выполнил уточнение константного обеспечения модели термического разложения гидрокарбонатов в деаэраторах атмосферного давления, на базе которого разработал методику расчета степени термического разложения гидрокарбонатов, обладающую точностью, сопоставимой с точностью косвенного определения данного показателя по экспериментальным данным, разработал отсутствующие ранее методики расчета pH деаэрированной воды и концентрации в ней свободной углекислоты. На базе этих методик разработал алгоритм и программный модуль расчета показателей эффективности декарбонизации воды в атмосферных деаэраторах, которые были применены для решения практических задач, связанных с проектированием, режимной наладкой и повышением эффективности работы деаэрационных установок. Таким образом, диссертационная работа Горшенина С.Д. актуальна.

Диссертация соответствует паспорту научной специальности 05.14.14 «Тепловые электрические станции, их энергетические системы и агрегаты»:

- в части формулы специальности: «проблемы совершенствования действующих … систем … водоподготовки; … совершенствовани(е) действующих … конструкций … вспомогательного оборудования тепловых электрических станций; … вопросы … водных режимов»;
- в части области исследований: пункту 1: «Разработка научных основ методов расчета … показателей качества … работы агрегатов…»; пункту 2: «Исследование … процессов, протекающих в агрегатах …»; пункту 3: «… исследование, совершенствование действующих … технологий … использования … водных и химических режимов…»; пункту 4: «Разработка конструкций теплового и вспомогательного оборудования и компьютерных технологий их проектирования …».

Научную новизну работы составляют:

1 – предложенная методика обработки результатов испытаний деаэраторов, основанная на использовании специализированного программного комплекса для моделирования течений жидкости и позволяющая рассчитывать кинетические характери-

стики процесса термического разложения гидрокарбонатов с учетом различного времени пребывания разных элементарных объемов воды в деаэраторном баке;

2 – уточнённые экспериментальные значения константы скорости реакции, обобщенно моделирующей процесс термического разложения гидрокарбонатов в атмосферных деаэраторах;

3 – новая методика прогнозирования показателя pH_{25} деаэрированной воды и концентрации в ней свободной углекислоты при заданных характеристиках деаэратора, позволяющая формулировать и решать задачи обеспечения конструктивными и режимными мероприятиями нормативной эффективности декарбонизации воды.

Практическую значимость работы составляют:

1 – разработанный на основе предложенных методик алгоритм расчета показателей эффективности декарбонизации воды в атмосферных деаэраторах, обеспечивающий нахождение значений степени термического разложения гидрокарбонатов, массовой концентрации свободной углекислоты в деаэрированной воде и водородного показателя пробы деаэрированной воды с точностью, сопоставимой с нормативной точностью соответствующих методов количественного химического анализа;

2 – программная реализация разработанного алгоритма в виде модуля «Декарбонизация» прикладного программного комплекса «Технологический расчет атмосферных струйно-барботажных деаэраторов воды»;

3 – результаты применения разработанного алгоритма и модуля расчета показателей эффективности декарбонизации воды в атмосферных деаэраторах при проектировании деаэрационной установки с ужесточенными относительно нормативов требованиями к химическому качеству деаэрированной воды, а также для решения ряда задач, связанных с режимной наладкой и повышением эффективности работы действующих деаэрационных установок.

Значимость результатов, полученных в диссертации, для науки и производства обусловлена тем, что изучено влияние гидродинамической обстановки в баке деаэратора на кинетику процесса термического разложения гидрокарбонатов при наличии и отсутствии парового барботажа; изложен подход к моделированию рассматриваемого процесса с учетом неравномерности течения воды в деаэраторном баке; проведена модернизация существующей методики прогнозирования степени термического разложения гидрокарбонатов в деаэраторах и количественно установлена связь этого показателя с концентрацией свободной углекислоты в деаэрированной воде и pH_{25} этой воды.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, обеспечена использованием апробированных методов и программных средств моделирования теплоэнергетических процессов; использованием экспериментальных данных, полученных в условиях промышленной эксплуатации деаэраторов разных энергообъектов; совпадением в пределах погрешности экспериментальных данных и результатов расчёта показателей работы деаэраторов; согласованностью результатов работы с опубликованными данными других авторов.

Общая характеристика диссертационной работы

Диссертация изложена на 161 листе, включает 45 рисунков, 14 таблиц. Работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы (176 наименований) и приложения.

Во введении обоснована актуальность, сформулированы цель и задачи исследования, заявлены научная новизна и практическая ценность результатов работы,

сформулированы положения, выносимые на защиту, обоснована достоверность полученных результатов, отмечен личный вклад автора в получение результатов, приведены сведения о внедрении и апробации результатов работы, а также данные о публикациях по теме диссертации.

Первая глава содержит результаты анализа опубликованных данных о процессах удаления из воды в деаэраторах углекислоты. Обоснован выбор показателей ($C^{д}_{CO_2}$, $pH^{д}_{25}$ и σ), подлежащих расчету при прогнозировании эффективности работы деаэраторов по удалению углекислоты, выполнен обзор подходов к решению этой задачи. Показано, что в опубликованных данных, присутствуют существенные разбросы значений σ и константы скорости реакции К, обобщенно моделирующей процесс термического разложения гидрокарбонатов, которые не во всех случаях могут быть объяснены метрологическими характеристиками используемых в эксперименте методов измерения параметров. При этом указанные отклонения существенно отличаются для деаэраторов с барботажом в баке и без него.

Выявлено, что в настоящее время отсутствуют модели, позволяющие рассчитывать значения показателей $C^{д}_{CO_2}$ и $pH^{д}_{25}$, но имеется методика оценки эффективности декарбонизации воды в деаэраторах, на основе которой при известной концентрации гидрокарбонатов в деаэрированной воде можно составить методику расчета указанных выше показателей.

По результатам анализа выполнена постановка задач исследования.

Вторая глава посвящена уточнению константного обеспечения модели термического разложения гидрокарбонатов в деаэраторах атмосферного давления. Выдвинуто предположение, что наблюдаемые разбросы экспериментальных значений константы скорости реакции могут быть обусловлены влиянием на кинетику процесса термического разложения гидрокарбонатов гидродинамической обстановки в деаэраторном баке.

С привлечением программных средств моделирования течений жидкости разработана методика обработки экспериментальных данных, позволяющая рассчитать кинетические характеристики процесса термического разложения гидрокарбонатов с учетом особенностей течения воды в деаэраторных баках. С использованием этой методики получен комплекс уточненных экспериментальных значений константы скорости реакции термического разложения гидрокарбонатов в атмосферных деаэраторах. Выявлены режимы работы деаэратора, для которых уточнение константного обеспечения модели оказывается статистически значимым.

Третья глава посвящена разработке методик расчета показателей эффективности декарбонизации воды в атмосферных деаэраторах. Предложена уточненная методика расчета степени термического разложения гидрокарбонатов с учетом характеристик течения воды в деаэраторном баке, предусматривающая использование полученных во второй главе уточненных значений констант скорости реакции. Путем синтеза данной методики и известной методики оценки эффективности декарбонизации воды в деаэраторах составлена методика прогнозирования pH деаэрированной воды и концентрации в ней свободной углекислоты при заданных конструктивных и режимных характеристиках аппарата.

Выполнена проверка точности разработанных методик, которая показала, что погрешность получаемых расчетных данных соответствует погрешностям используемых в испытаниях методов и средств теплотехнического и химического контроля.

Четвертая глава посвящена практическому применению разработанных методик расчета. Разработан алгоритм расчета рассматриваемых показателей и выполнена его программная реализация в виде модуля «Декарбонизация» прикладного программного комплекса «Технологический расчет атмосферных струйно-барботажных деаэраторов воды». Указанный программный модуль внедрен в практику режимно-наладочных работ в АО «Ивгортеплоэнерго» (г. Иваново). Описано применение разработанного программного модуля для решения задачи, связанной с проектированием нетипового деаэратора ДА-30 под ужесточенные относительно нормативов требования к химическому качеству деаэрированной воды, а также для обоснования технических решений по модернизации деаэрационной установки питательной воды котлов-утилизаторов парогазовой ТЭС в г. Родники Ивановской обл.

В разделе ***«Основные выводы и результаты»*** выполнено обобщение полученных в ходе исследования данных, сформулированы основные научные результаты работы, указана их практическая ценность.

Замечания и вопросы по работе. Необходимо остановиться на следующих замечаниях и вопросах по тексту диссертации и автореферата:

1. В диссертации (таблица 2.8) и автореферате (таблица 1) приведены значения константы скорости реакции термического разложения гидрокарбонатов в атмосферных деаэраторах до и после уточнения константного обеспечения модели. Показано, что при работе затопленного барботажного устройства уточнение оказалось статистически незначимым, при этом не сказано, за счет чего удалось добиться ощутимого повышения точности прогнозирования степени термического разложения гидрокарбонатов (погрешность определения указанного показателя снизилась с 20% до 15 %).

2. В диссертации даны рекомендации по выбору порядка реакции (n) в зависимости от значения общей щелочности воды на входе в деаэратор. В качестве граничного указано значение 2,3 мг-экв/дм^3. Обоснование выбора указанного значения, при котором следует изменить порядок реакции n, в работе не приведено.

3. Выбор числа линий тока m, на которое условно разбивается поток деаэрируемой воды, в диссертации обоснован результатами расчета для условий одного конкретного опыта. Очевидно, такое обоснование нельзя считать исчерпывающим, поскольку оно не учитывает, например, влияние расхода барботажного пара и конфигурации рабочего объема аппарата.

Наличие указанных частных замечаний позволяет, тем не менее, оценить диссертационную работу в целом положительно. В диссертации сформулирована актуальная научно-практическая задача – разработка методики расчета показателей эффективности декарбонизации воды в атмосферных деаэраторах, позволяющей повысить обоснованность принятия технических решений на этапах проектирования и режимной наладки атмосферных деаэраторов и обеспечить соответствие химического качества деаэрированной воды нормативам.

Автореферат соответствует тексту диссертации. Публикации в открытой печати раскрывают сущность работы, количество публикаций по списку ВАК достаточно для кандидатской диссертации. Работа прошла апробацию на научно-технических конференциях различного уровня. Основные результаты работы реализованы, что подтверждено тремя актами внедрения.

Заключение по работе

Диссертация С.Д. Горшенина является научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно обоснованные методики расчета показателей эффективности декарбонизации воды в атмосферных деаэраторах, позволяющие сущест-

венно повысить обоснованность принятых при проектировании и режимной наладке технических решений, направленных на обеспечение нормативного качества деаэрированной воды, что имеет существенное значение для энергетической и смежных отраслей промышленности.

Диссертация соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней» (утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации «О порядке присуждения ученых степеней» от 24 сентября 2013 г. № 842), предъявляемым ВАК России к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор Горшенин Сергей Дмитриевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.14 «Тепловые электрические станции, их энергетические системы и агрегаты».

Официальный оппонент,
доцент кафедры «Машины и аппараты
химических производств»
ФГБОУ ВО «Ивановский государственный
химико-технологический университет »,
кандидат технических наук по специальности:
05.17.08 – Процессы и аппараты химических
технологий (технические науки) Чагин О.В.

30.05.2016

153000, г. Иваново, пр. Шереметевский, 7
Тел.: 8(4932) 32-40-03,
e-mail: chagin@isuct.ru

Подпись Чагина О.В.удостоверяю
Ученый секретарь, к.т.н., доцент Гордина Н.Е.