

**ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА
НА ДИССЕРТАЦИЮ ГОРШЕНИНА С.Д.
"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**

На отзыв представлена диссертация Горшенина С.Д., изложенная на 161 странице, состоящая из введения, четырех глав, основных выводов и результатов, списка литературы из 176 наименований и приложения.

Актуальность работы несомненна и исчерпывающим образом обоснована автором во введении.

Широко распространенные струйно-барботажные термические деаэраторы атмосферного давления являются важнейшими элементами многих тепловых электростанций. Их работа в значительной мере определяет как надежность, качество работы электростанций, так и их энергетическую эффективность.

Имеющиеся в научно-технической литературе данные о процессах атмосферной деаэрации, их физико-химической сущности и созданные на основе этих данных методики расчета, нормативные материалы в основном относятся к 50-70-м годам прошлого века. При их практическом применении исследователи и эксплуатационники весьма часто обнаруживают их неполноту, недостаточную точность, что приводит к существенному снижению качества, надежности и экономичности атмосферной деаэрации.

Наиболее сложным и недостаточно исследованным вопросом является десорбция диоксида углерода при термической деаэрации (употребленный диссертантом термин «декарбонизация» едва ли уместен, поскольку в технической литературе под декарбонизацией традиционно понимается первая ступень дегазации воды атмосферным воздухом в декарбонизаторах). В частности, отсутствуют методики прогнозирования показателей эффективности удаления из воды диоксида углерода в деаэраторах при заданных конструктивных характеристиках и значениях параметров режима их работы, что не позволяет решать задачи совершенствования структурной и параметрической оптимизации при проектировании и эксплуатации деаэрационных установок.

Диссертационная работа Горшенина С.Д., посвященная проблеме обеспечения нормативных показателей эффективности удаления из воды диоксида углерода в деаэраторах в ходе их проектирования и эксплуатации, является существенным вкладом в разработку современных технологий совершенствования термических деаэраторов ТЭС.

Анализ степени новизны и обоснованности основных положений диссертации. Оценим новизну и обоснованность каждого из сформулированных автором основных выводов (с. 134-136).

1. *«Проведены исследования процессов удаления из воды углекислоты в атмосферных деаэраторах, по результатам которых предложена методи-*

ка расчета показателей эффективности декарбонизации воды, позволившая сформулировать и решить ряд практически значимых задач по обеспечению нормативных показателей химического качества деаэрированной воды при проектировании и эксплуатации деаэрационных установок».

По существу этого вывода следует с ними согласиться. Редкой в последнее время особенностью диссертаций, характерной, однако, для теплоэнергетической научной школы ИГЭУ, является широкое использование методов экспериментальных исследований на промышленных аппаратах. Только такие исследования вызывают полное доверие к их результатам. В данном случае для идентификации математических моделей привлечен богатый экспериментальный материал, полученный при испытаниях деаэраторов разных конструкций, что позволило автору разработать методику прогнозирования показателей эффективности удаления из воды диоксида углерода в деаэраторах при заданных конструктивных и режимных характеристиках.

2. *«Предложена новая методика обработки результатов испытаний деаэраторов с использованием специализированного программного комплекса для моделирования течений жидкости, позволяющая учесть характеристики течения воды в деаэрационном баке при расчете процесса термического разложения гидрокарбонатов. С использованием предложенной методики статистически значимо уточнены экспериментальные значения константы скорости реакции, обобщенно моделирующей процесс термического разложения гидрокарбонатов, с уменьшением их разброса до значений, сопоставимых с характеристиками точности используемых в испытаниях методов измерения параметров. Определены количественные характеристики влияния удельного расхода пара на барботаж в деаэрационном баке на кинетику процесса термического разложения гидрокарбонатов».*

Примененный автором синтез собственной модели удаления из воды диоксида углерода с моделью гидродинамических процессов в деаэрационном баке, реализуемой специализированным программным комплексом, является развитием ранее разработанного в ИГЭУ подхода к моделированию, эффективно использованного, например, в диссертации Ненаездникова А.Ю. Такой подход в целом является перспективным, расширяющим возможности обеих составляющих синтезированной модели. В данном случае при его использовании удалось получить новые научные результаты, заключающиеся в значимо уточненных значениях параметров идентификации модели, подлежащих определению по экспериментальным данным.

Однако, на мой взгляд, возможности предложенного подхода к моделированию в диссертации раскрыты не в полном объеме. Очевидно, что обнаруженное автором влияние характера течения воды в деаэрационном баке на кинетику рассматриваемых технологических процессов открывает возможности для оптимизации, например, геометрических характеристик бака или взаимного расположения деаэрационной колонки и штуцера отвода деаэрированной воды. В работе таких исследований, к сожалению, не выполнено.

3. *«Разработана методика расчета степени термического разложения гидрокарбонатов с учетом гидродинамической обстановки в деаэрационном баке, позволившая существенно увеличить точность прогнозирования рассматриваемого показателя: среднеквадратическое отклонение расчетных*

значений от экспериментальных уменьшилось с 37,0 % до 13,9 % для деаэраторов без парового барботажа и с 20,0 % до 15,4 % для деаэраторов с барботажем в баке».

Предложенная автором методика является новой и имеет существенное практическое значение. Она позволяет с приемлемой для решения производственных задач точностью оценивать влияние на эффективность термического разложения гидрокарбонатов в деаэраторах тех или иных изменений в конструкции или режиме работы.

Однако для практики неудобно, что предложенная методика требует использования сложного и далеко не широкодоступного программного обеспечения – FlowVision. Весьма полезным было бы обобщить результаты моделирования течения воды в деаэрационных баках в виде зависимостей параметров, распределения времени пребывания воды в баке от конструктивных и режимных факторов. Это существенно расширило бы круг потенциальных пользователей методики.

Кроме того, в официальных формулировках научной новизны, практической значимости, выводов по диссертации не указано в явном виде, что все рассматриваемые деаэраторы с барботажем в баке имели барботажные устройства в виде перфорированных коллекторов. Но само по себе это техническое решение относится к весьма устаревшей конструкции деаэраторов ДА. В большинстве же случаев в струйно-барботажных атмосферных деаэраторах применяют устройства системы НПО ЦКТИ. Очевидно, эти устройства иначе влияют на гидродинамику течения воды в баке. Следовало бы дополнительно обосновать применимость полученных в диссертации результатов для деаэраторов с барботажными устройствами НПО ЦКТИ или в явном виде указать круг объектов, к которым эти результаты относятся.

Тем не менее, полученные автором научные результаты представляют интерес, поскольку самодельные достаточно простые барботажные устройства из перфорированных труб нередко устанавливаются в баках деаэраторов старых, давно не модернизированных предприятий.

4. «Путем синтеза разработанной методики расчета процесса термического разложения гидрокарбонатов и известной методики оценки эффективности декарбонизации воды в деаэраторах составлена методика прогнозирования pH_{25} деаэрированной воды и концентрации в ней свободной углекислоты при заданных конструктивных и режимных характеристиках деаэратора, позволяющая формулировать и решать задачи обеспечения конструктивными и режимными мероприятиями нормативной эффективности декарбонизации воды. Среднеквадратическое отклонение расчетных значений pH_{25} деаэрированной воды от экспериментальных составило 1,9 % для деаэраторов с паровым барботажем в баке и 2,0 % для деаэраторов без барботажа в баке, что соответствует нормируемой погрешности инструментального определения pH воды потенциометрическим методом (от 0,6 до 2,4 % для условий работы атмосферных деаэраторов). Среднеквадратическое отклонение расчетных значений массовой концентрации свободной углекислоты в деаэрированной воде от экспериментальных для деаэраторов без барботажа в баке составило 44,3 %, что также сопоставимо с нормируемой погрешностью соответствующего метода количественного химического анализа (39 %)».

5. «Для деаэраторов без барботажа в баке статистически доказана значимость перехода при прогнозировании степени термического разложения гидрокарбонатов и pH_{25} деаэрированной воды к предложенной методике расчета процесса термического разложения гидрокарбонатов с учетом гидродинамической обстановки в деаэраторном баке. Для деаэраторов с барботажем в баке уточнение статистически незначимо, однако точность расчета при этом соответствует точности используемых в испытаниях и при эксплуатации деаэраторов методов и средств теплотехнического и химического контроля».

Процитированные выводы отражают, пожалуй, самый значимый как в научном, так и в практическом отношении результат диссертации. Отсутствие методики прогнозирования pH и концентрации свободной углекислоты в деаэрированной воде не позволяло обосновывать применяемые при проектировании технические решения. Фактически, проектировщики и наладчики опираются только на данные ГОСТ на термические деаэраторы и ряд руководящих документов, в который указано, что приемлемое химическое качество деаэрированной воды можно обеспечить при общей щелочности не менее $0,5 \text{ мг-экв/дм}^3$. Однако не ясно, какими средствами этого качества можно достичь в каждом конкретном случае. Успешность решения этих задач при отсутствии адекватной модели целиком зависит от квалификации наладчика.

Следует признать не вполне удачным приведение характеристик точности модели по расчету pH воды в процентах: и для теоретиков, и для практиков более информативна абсолютная погрешность определения этого показателя химического качества воды.

6. «Для обоснования технических решений по обеспечению нормативного химического качества деаэрированной воды при проектировании и эксплуатации деаэраторов разработан алгоритм прогнозирования показателей эффективности декарбонизации воды, обеспечивающий нахождение значений степени термического разложения гидрокарбонатов, массовой концентрации свободной углекислоты в деаэрированной воде и pH_{25} деаэрированной воды с точностью, сопоставимой с нормативной точностью соответствующих методов количественного химического анализа. Выполнена программная реализация разработанного алгоритма в виде модуля «Декарбонизация» прикладного программного комплекса «Технологический расчет атмосферных струйно-барботажных деаэраторов воды».

Важно, что предложенные модели доведены до программной реализации, да еще в составе программного комплекса, предназначенного для решения более широкого круга задач, чем рассматриваемые автором проблемы. Однако «хорошим тоном» при подготовке диссертаций является оформление документов о защите прав на интеллектуальную собственность. В данном случае свидетельство на государственную регистрацию программы для ЭВМ отсутствует, что является очевидным недостатком диссертации.

7. «Разработанный алгоритм расчета показателей эффективности декарбонизации воды в атмосферных деаэраторах и средства его компьютерной поддержки использованы для обоснования конструктивных и режимных мероприятий по обеспечению нормативной эффективности декарбонизации воды при модернизации деаэрационной установки питательной воды котлов-утилизаторов ПГУ-ТЭС в г. Родники Ивановской обл., при про-

ектировании для ООО «Техноцентр-Нефтемаш» (г. Ярославль) атмосферного деаэратора ДА-30 при ужесточенных относительно нормативов требованиях к химическому качеству деаэрированной воды, а также внедрены в практику режимно-наладочных работ в АО «Ивгортеплоэнерго» (г. Иваново). Реализация результатов работы подтверждена тремя актами внедрения».

Сведения о практической реализации результатов работы убедительны и подтверждены тремя актами внедрения, что указывает на востребованность и практическую значимость предложенных в диссертации моделей и программных средств.

Несколько замечаний и вопросов дополнительно к замечаниям, сделанным при анализе выводов диссертации.

1. В диссертации не затронуты вопросы влияния режимов деаэрации на энергетическую эффективность паротурбинного цикла тепловых электростанций и технико-экономические аспекты использования результатов диссертации. Использование парового барботажа в баке не всегда экономически оправдано, поскольку требует использования пара более высокого давления, что снижает выработку электроэнергии на тепловом потреблении.

2. В диссертации показано, что идентификация методики расчета концентрации свободной углекислоты в паре котлов-утилизаторов парогазовой ТЭЦ (г. Родники) выполнена по степени термического разложения гидрокарбонатов в котлах, при этом отсутствуют комментарии по поводу того, почему полученное значение этого показателя оказалось существенно отличающимся от значения, рекомендуемого в литературе.

3. В диссертации и автореферате применяются разные единицы измерения для одних и тех же величин. Например, щелочность воды измеряется то в «мг-экв/дм³», то в «мг-экв/кг», то в «мкг-экв/дм³». Это неудобно и может ввести в заблуждение расчетчика.

Высказанные замечания не снижают научной и практической ценности диссертации. Большую их часть можно рассматривать как рекомендации диссертанту по его будущей научной работе.

Общая оценка работы.

Достоверность и обоснованность полученных данных обусловлена использованием результатов экспериментов, проведенных на реальных промышленных аппаратах, использованием апробированных методов математического моделирования. Ценность и обоснованность практических результатов диссертации подтверждается актами их внедрения на предприятиях теплоэнергетики.

Сказанное позволяет утверждать, что основные результаты диссертационной работы удовлетворяют критериям новизны, достоверности и обоснованности. Диссертация обладает внутренним единством содержания. Материал диссертации изложен грамотно, последовательно и подробно. В публикациях автора полно освещены основные результаты исследований. Автореферат отражает содержание диссертации.

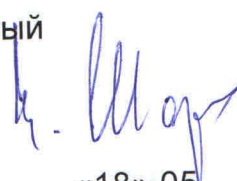
Диссертация полностью соответствует специальности 05.14.14 – Тепловые электрические станции, их энергетические системы и агрегаты.

Проведенный выше анализ основных положений диссертации позволяет заключить, что тема диссертации актуальна, а полученные диссертантом и выносимые на защиту результаты обладают существенной научной новизной и высокой практической ценностью.

Диссертация полностью соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук согласно п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней» (в соответствии с постановлением Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 г.).

Считаю, что автор работы С.Д. Горшенин заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.14.

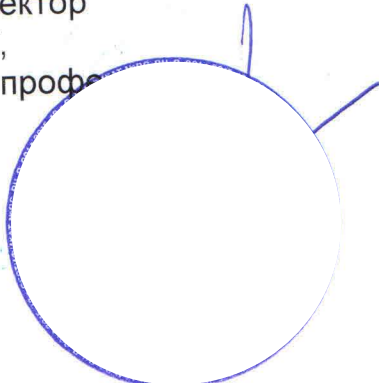
Заведующий кафедрой
«Теплогазоснабжение и вентиляция»,
руководитель научно-исследовательской
лаборатории «Теплоэнергетические
системы и установки»
ФГБОУВО «Ульяновский государственный
технический университет»,
доктор технических наук, профессор

 Шарاپов
Владимир Иванович
«18» 05 2016 г.

Адрес: 432027, ул. Северный Венец, 32, г. Ульяновск,
Ульяновский государственный технический университет
Телефон: 8(8422) 77-80-31, E-mail: vlad-sharapov2008@yandex.ru

Подпись доктора технических наук, профессора Шарاپова В.И. заверяю:

Первый проректор – проректор
по научной работе УлГТУ,
доктор технических наук, профес

 Ярушкина
Надежда Глебовна