



**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
**«Ивановский государственный  
энергетический университет  
имени В.И. Ленина»  
(ИГЭУ)**

ул. Рабфаковская, 34, г. Иваново, 153003  
тел.(4932) 269-999, факс (4932) 385-701  
e-mail: office@ispu.ru  
<http://игэу.рф><http://ispu.ru>  
ОКПО 02068195; ОГРН 1033700074430  
ИНН/КПП 3731000308/370201001

8.11.2018г. № 1-08/11-ТЖ  
На № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе,  
д-р техн. наук, профессор

Тютиков  
Владимир Валентинович



«7» ноября 2018 г.

#### ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертацию  
**ШАГИЕВОЙ Гузель Камилевны**

**«Энергомассообменные характеристики и модернизация  
аппаратов очистки воды от растворенных газов на ТЭС»,**  
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук  
по специальности 05.14.14 «Тепловые электрические станции,  
их энергетические системы и агрегаты»

**Актуальность темы диссертации.** Обеспечение эффективной дегазации теплоносителей энергетических установок является важнейшим мероприятием при реализации водно-химического режима любого типа. На ТЭС основным оборудованием для удаления из воды газовых примесей являются термические деаэраторы и декарбонизаторы. В одних и тех же условиях эксплуатации могут применяться аппараты разных конструкций, каждая из которых имеет преимущества и недостатки. В связи с этим получение сравнительных характеристик энергомассообменной эффективности аппаратов, различающихся по способу взаимодействия потоков жидкости и газа, а также

разработка технических решений по повышению эффективности работы таких аппаратов являются актуальными задачами энергетической отрасли.

Соискатель в качестве объекта исследования выбрала два типа оборудования, в котором реализуются процессы дегазации воды: термические деаэраторы и декарбонизаторы. При этом рассмотрены альтернативные варианты конструкций: насадочные аппараты с регулярными и нерегулярными насадками, барботажные, пленочные и др. Для указанного оборудования на единой методологической основе составлены математические модели тепло-массопереноса в газожидкостных средах, на основе которых определены сравнительные энергомассообменные характеристики аппаратов рассматриваемых типов, а также предложен ряд технических решений по повышению эффективности их использования. Таким образом, диссертация Шагиевой Г.К. представляет собой научное исследование, выполненное на актуальную для энергетической и смежных отраслей промышленности тему.

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

- в части формулы специальности: «...проблемы совершенствования действующих и обоснования новых ... систем ... водоподготовки... Совершенствовани(е) действующих и обосновани(е) новых ... конструкций ...вспомогательного оборудования тепловых электрических станций. Вопросы ...водных режимов...»

- в части областей исследования:

- п.1: «Разработка научных основ методов расчета... показателей качества и режимов работы агрегатов...»;

- п.2: «Исследование и математическое моделирование процессов, протекающих в агрегатах...»;

- п.4:«Разработка конструкций ...вспомогательного оборудования...».

**Научная новизна** работы сформулирована автором в трех пунктах:

1. «На основе применения моделей пограничного слоя и моделей структуры потоков разработаны методы расчета эффективности термических деаэраторов и декарбонизаторов следующих конструкций:

- пленочных при слабом и сильном взаимодействии пленки жидкости с газовым (паровым) потоком при движении в гладких, шероховатых каналах и с закруткой фаз;

- насадочных с регулярными и хаотичными насадками новых конструкций при пленочном режиме».

Указанные методы расчета являются основным научным результатом представленной работы, поскольку вносят существенный вклад в создаваемую научной школой проф. А.Г. Лаптева в КГЭУ единую методологию моделирования гидромеханических и тепломассообменных процессов, реализуемых в оборудовании ТЭС.

В целом этот инструмент позволяет проводить на стадии проектирования и наладки оптимизационные расчеты конструкций и режимов работы элементов энергетического оборудования, перечень которых не ограничивается рассматриваемыми в диссертации деаэраторами и декарбонизаторами, но может быть расширен такими аппаратами, как подогреватели системы регенеративного подогрева питательной воды, испарители и паропреобразователи, конденсаторы турбины и др.

2. «На основе использования трехслойной модели турбулентного пограничного слоя получено уравнение для расчета среднего коэффициента теплоотдачи при пленочном течении при различных условиях взаимодействия фаз».

Полученное уравнение для расчета среднего коэффициента теплоотдачи при пленочном течении является универсальным, может быть использовано как при слабом, так и при сильном взаимодействии фаз, а также при расчете коэффициентов теплоотдачи в различных каналах.

3. «Получено модифицированное выражение для показателя энерго-массообменной эффективности декарбонизаторов и термических деаэраторов, который позволяет выполнить сравнительную оценку аппаратов».

Полученное модифицированное выражение для показателя энерго-массообменной эффективности позволяет выполнить сравнительную оценку аппаратов разных конструкций с разным способом организации межфазной поверхности. Пример такого сопоставления для выбранных типов конструкций приведен в диссертации.

**Практическая значимость** работы обусловлена следующим:

1. Предложенные методы расчета эффективности очистки воды от растворенных газов в термических деаэраторах и декарбонизаторах разных конструкций могут быть использованы при разработке вариантов модернизации действующих аппаратов и проектировании новых конструкций оборудования.

2. Приведенные в диссертации результаты сравнения энерго-массообменных характеристик могут быть использованы при обосновании технических решений по конструкциям деаэрационных установок и декарбонизаторов в условиях эксплуатации.

3. Предложенные в работе новые технические решения обеспечивают повышение эффективности термических деаэраторов и декарбонизаторов.

**Значимость результатов для развития отрасли науки** заключается в следующем:

1) разработаны методы расчета энергомассообменной эффективности термических деаэраторов и декарбонизаторов различных конструкций (пленочных при слабом и сильном взаимодействии пленки жидкости с газовым (паровым) потоком при движении в гладких, шероховатых каналах и с закруткой фаз; насадочных с регулярными и хаотичными насадками новых конструкций при пленочном режиме); сравнение полученных результатов расчета с экспериментальными данными показало их удовлетворительное согласование; полученные методы расчета могут быть рекомендованы для определения эффективности термических деаэраторов и декарбонизаторов различных конструкций на ТЭС;

2) получено уравнение для расчета среднего коэффициента теплоотдачи при пленочном течении при различных условиях взаимодействия фаз, которое может быть рекомендовано для расчета теплообменных установок;

3) полученное модифицированное выражение для показателя энерго-массообменной эффективности позволяет выполнить сравнительную оценку аппаратов разных конструкций;

4) разработаны новые технические решения по модернизации для повышения эффективности работы термических деаэраторов и декарбонизаторов.

**Общая характеристика работы.** Работа содержит введение, четыре главы, заключение, список использованных источников и приложения. Работа изложена на 164 стр., кроме того, приложения на 10 стр. Автореферат изложен на 16 стр.

По содержанию диссертация является завершенным исследованием. Она написана приемлемым научным языком, однако, в тексте встречаются опечатки, синтаксические и грамматические ошибки. Автореферат отражает содержание диссертации.

**Обоснованность и достоверность полученных результатов** подтверждается использованием апробированных методов математического моделирования, использованием при моделировании очевидных балансовых соотношений по массе и энергии (импульсу), корректным использованием основных положений теорий пограничного слоя и турбулентности, согласованием результатов расчетов по разработанным математическим моделям с

известными экспериментальными данными, а также с результатами расчетов других авторов.

**Конкретные рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации:**

Разработанные методы расчета эффективности термических деаэраторов и декарбонизаторов различных конструкций быть рекомендованы к использованию при проектировании наладке энергетического оборудования специализированными организациями (ОАО «ВТИ», г. Москва; ОАО «НПО «ЦКТИ им. И.И. Ползунова», г. Санкт-Петербург; ООО «Гипроэнергострой», г. Казань, и др.). Положительный опыт использования разработанного автором математического описания рассматриваемых процессов получен в ЗАО «Ивэнергосервис» (г. Иваново).

Разработанные технические решения по модернизации аппаратов для повышения эффективности термических деаэраторов и декарбонизаторов рекомендуются к применению на ТЭС.

Представленный подход к математическому моделированию тепло- и массообменных процессов в системах газ(пар) – жидкость, в частном случае удаления растворенных газов из воды на ТЭС, рекомендуется использовать для подготовки студентов по направлению «Теплоэнергетика и теплотехника» вузами России. Полученное уравнение для расчета среднего коэффициента теплоотдачи при пленочном течении и разработанные методы расчета могут быть использованы в рамках научных исследований на профильных кафедрах вузов.

**Вопросы и замечания:**

1. В первой главе приведены пространные перечисления направлений научной работы ряда авторов, но при этом отсутствует критический анализ полученных ими результатов; не приведено обоснование применяемого в последующих главах методического и математического аппарата теорий пограничного слоя и турбулентности, однако при этом вторая глава, посвященная собственно разработке математического описания рассматриваемых процессов, перегружена опубликованными данными других авторов.

2. Все выводы относительно эффективности аппаратов альтернативных конструкций (глава 2, глава 3 диссертации) сделаны по результатам расчета этих аппаратов на один режим. Однако в эксплуатации переменными оказываются гидравлическая нагрузка, температурные условия, концентрации газовых примесей в воде и т.п. Чем обусловлена уверенность автора в том, что учет непостоянства этих факторов не приведет к другим выводам относительно эффективности одних и неэффективности других аппаратов?

3. Техническое решение по модернизации атмосферного деаэратора, обсуждаемое в четвертой главе диссертации (п. 4.1), имеет недостаток. Не сконденсировавшаяся часть пара, введенного в предвключенное прямоточное деаэрационное устройство, попадет вместе с потоком воды в верхнюю часть деаэрационной колонки, может нарушить нормальную вентиляцию парового пространства расположенных ниже устройств деаэрационной колонки и надводного пространства деаэраторного бака.

4. Обоснование предлагаемых в четвертой главе диссертации технических решений не является исчерпывающим. Например, в разделе 4.1 следовало бы привести результаты расчетного исследования именно для обсуждаемого технического решения, то есть для деаэратора, а не для декарбонизатора (стр. 133 диссертации). В разделах 4.2 и 4.3 указаны только итоговые значения показателей эффективности новых технических решений, но отсутствует собственно их расчетное обоснование.

5. В тексте встречаются стилистические ошибки, недостаточно обоснованные или же, в ряде случаев, спорные утверждения. Например, в п. 1.1 (стр. 11) указано, что «коррозия металла приводит к снижению мощности оборудования». Что автор имеет в виду? Как коррозия влияет на мощность? Далее, в п. 1.2 (стр. 15): «Бесконечно разбавленный раствор можно считать идеальным». Да, но только в том случае, если газ не образует химических связей с растворителем. Там же, стр. 16: «Диоксид углерода является катализатором коррозии, увеличивает ее интенсивность в три раза, приводит к отслаиванию защитных оксидных пленок на поверхности металла и, как следствие, к поступлению кислорода к поверхности». Почему именно в три раза? И почему только катализатором коррозии? Углекислота и сама способна вызывать интенсивную коррозию даже при отсутствии в воде растворенного кислорода.

Сделанные замечания имеют частный характер и не снижают общую положительную оценку диссертационной работы.

**Заключение по работе.** Диссертационная работа Шагиевой Гузель Камилевны «Энергомассообменные характеристики и модернизация аппаратов очистки воды от растворенных газов на ТЭС», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.14 «Тепловые электрические станции, их энергетические системы и агрегаты», является научно-квалификационной работой, в которой с применением методов математического моделирования получены сравнительные характеристики энергомассообменной эффективности очистки воды от газовых примесей в аппаратах с разным способом организации межфазной поверхно-

сти при взаимодействии жидкости и газа (пара), а также предложены новые технические решения по повышению эффективности термических деаэраторов и декарбонизаторов на ТЭС. Поставленные в работе задачи решены, цель достигнута. Результаты работы опубликованы в открытой печати и отражают содержание работы.

Диссертация соответствует требованиям, предъявляемым ВАК России к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, в том числе пп. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней» (в соответствии с постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г. с принятыми изменениями и дополнениями), а ее автор Шагиева Гузель Камилевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.14 «Тепловые электрические станции, их энергетические системы и агрегаты».

Диссертация, автореферат диссертации, отзыв ведущей организации обсуждены на заседании кафедры «Тепловые электрические станции» 02.11.2018 г., протокол № 3.

**Отзыв составлен:**

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина» (ИГЭУ), кафедра «Тепловые электрические станции», 153003, г. Иваново, ул. Рабфаковская, д. 34.

Тел.:(4932)26-99-31, 26-99-34; e-mail:[admin@tes.ispu.ru](mailto:admin@tes.ispu.ru)

Заведующий кафедрой  
«Тепловые электрические станции»,  
доктор технических наук,  
профессор

Барочкин  
Евгений Витальевич

«06» ноября 2018 г.

Подпись Барочкина Е.В. удостоверяю:

Ученый секретарь  
Ученого совета ИГЭУ

Ширяева  
Ольга Алексеевна

«06» ноября 2018 г.

