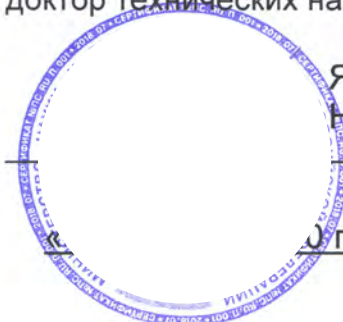


УТВЕРЖДАЮ:

Временно исполняющий обязанности
ректора ФГБОУ ВО «Ульяновский
государственный технический университет»
доктор технических наук, профессор



Ярушкина
Надежда Глебовна

Уг.

ОТЗЫВ

**ведущей организации на диссертацию Барочкина Юрия Евгеньевича
«Совершенствование технологических систем ТЭС
с применением кавитационно-струйного деаэратора»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 05.14.14 «Тепловые электрические станции,
их энергетические системы и агрегаты»**

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения по работе, списка литературы из 178 наименований. Текст диссертации изложен на 165 страницах машинописного текста, содержит 66 рисунков, 11 таблиц и 2 приложения.

Актуальность работы несомненна и исчерпывающим образом обоснована автором во введении. Широко распространенные термические деаэраторы традиционных конструкций являются важнейшими элементами многих тепловых электростанций и котельных установок. Они обеспечивают нормативное содержание растворенных газов в питательной и добавочной воде котлов, подпиточной воде тепловых сетей. Имеющиеся в научно-технической литературе данные о процессах термической деаэрации, их физико-химической сущности и созданные на основе этих данных методики расчета, нормативные материалы активно разрабатывались с середины прошлого века, поэтому такие технологии к настоящему времени в существенной мере отработаны.

Вместе с тем, на электростанциях используются и другие технологические системы, в которых задача деаэрации теплоносителя является не менее актуальной (конденсационные установки турбин; замкнутые системы охлаждения, в частности турбогенераторов ТВВ; конденсатное хозяйство и др.). Применение в таких системах и установках тех же научно и технически отработанных деаэрационных устройств, что и в системах питательной, добавочной и подпиточной воды, невозможно, либо нецелесообразно. Поэтому требуется поиск альтерна-

тивных технических решений с разработкой и отладкой малогабаритных деаэрационных устройств, пусть даже и имеющих меньшую эффективность, чем деаэраторы традиционных типов. В таких случаях любое значимое улучшение деаэрационных характеристик окажет положительное влияние на эффективность защиты оборудования от коррозии. Поэтому основные вопросы, требующие решения, оказываются лежащими в плоскости выбора жизнеспособных схемных и конструктивных решений и оценки их реальной эффективности. Решению именно таких актуальных вопросов посвящена диссертация Барочкина Ю.Е.

Актуальность темы диссертации подтверждается ее соответствием одному из утвержденных указом Президента РФ № 899 от 07.07.2011 г. приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в РФ – «Энергоэффективность, энергосбережение, ядерная энергетика» в рамках критической технологии «Технологии энергоэффективного производства и преобразования энергии на органическом топливе».

Анализ степени новизны, обоснованности основных положений диссертации и значимости их для отрасли науки. Оценим новизну и обоснованность каждого из сформулированных автором основных выводов.

1. *«Проведен комплекс исследований процессов термической деаэрации перегретой воды при её попадании в зону разрежения, на основе которых решены задачи повышения эффективности деаэрации теплоносителя в технологических системах ТЭС за счет применения кавитационно-струйного деаэратора с совершенствованием схем его включения и режимов работы».*

По существу этого вывода следует с ними согласиться, однако здесь следовало бы конкретизировать объекты, для которых решены обсуждаемые задачи: конденсационные установки паровых турбин, системы водяного охлаждения обмотки статора турбогенераторов с водородно-водяным охлаждением, а также системы возврата конденсата отдаленных внешних потребителей промышленного пара.

2. *«В программном комплексе FlowVision разработана имитационная модель активной зоны кавитационно-струйного деаэратора, позволяющая определять влияющие на эффективность деаэрации воды характеристики потоков воды и парогазовой смеси при изменении конструкции элементов, режима подачи исходной воды и отвода выпара. С использованием разработанной имитационной модели выявлены условия протекания процессов в активной зоне деаэратора и установлена их существенная зависимость от показателей работы тракта отсоса выпара».*

Разработанная автором модель основана на классических подходах и методах вычислительной гидродинамики. Особенностью задачи в данном случае является объект – рассматривается вихревой закрученный поток жидкости с относительно большой степенью крутки. Это обусловило и специфику постановки, и выбор методов решения задачи. Поскольку надежные экспериментальные данные о характеристиках течения воды в кавитационно-струйном деаэраторе отсутствуют, автор вынужден был опираться на опубликованные данные и рекомендации по решению аналогичных задач. Учитывая описанные в литературе

довольно высокие результаты проверки качества этих данных, следует признать обоснованной и полученную в диссертации имитационную модель деаэратора.

Модель позволила в ходе серии вычислительных экспериментов получить важнейшие характеристики полей статического и полного давлений поток воды и пара в активной зоне деаэратора, что открыло возможность перейти собственно к расчету процесса деаэрации.

3. «Выполнено обобщение опубликованных экспериментальных данных о деаэрации воды различными деаэрационными устройствами, работающими при попадании перегретой воды в зону разрежения без подачи греющего теплоносителя, по результатам которого на основе термодинамического подхода разработана математическая модель процесса деаэрации воды в рассматриваемых условиях. Показано, что ввиду отсутствия в модели учета фактора времени пребывания воды в аппарате, при качественно верном прогнозировании экспериментальных данных она приводит к завышенным результатам расчета эффекта деаэрации. Для преодоления этого недостатка в математическую модель введен параметр идентификации, после чего разработано эмпирическое обеспечение модели на основе экспериментальных данных. Точность полученной модели характеризуется среднеквадратическим отклонением результатов расчета от экспериментальных значений концентрации растворенного кислорода на выходе из деаэрационных устройств трех различных типов 11,6 %».

Обсуждаемая математическая модель является центральным научным звеном диссертации. Несмотря на относительную простоту модели, она оказалась вполне приемлемой для расчета широкого класса деаэрационных устройств, общим свойством которых является работа за счет, так называемого, «начального эффекта деаэрации» (термин И.И. Оликера, одного из основоположников направления деаэрации на ТЭС), то есть за счет вскипания перегретой воды, попадающей в зону пониженного давления. Практически единственный предложенный в литературе метод расчета этого эффекта – регрессионные уравнения И.И. Оликера, полученные им для участков ввода воды в вакуумные струйно-барботажные деаэраторы – оказался для рассматриваемого класса деаэраторов перегретой воды неработоспособным, что убедительно показано в рецензируемой диссертации. Поэтому полученную Барочкиным Ю.Е. модель можно признать значимым вкладом в развитие инструментария теплоэнергетики как науки.

4. «На основе разработанной математической модели процесса деаэрации воды, результатов моделирования в программном комплексе FlowVision и известных методов расчета гидродинамических режимов технических систем разработана математическая модель кавитационно-струйного деаэратора, позволяющая определять эффект деаэрации с учетом показателей работы тракта отсоса пара. Проведено исследование параметрической чувствительности полученной модели».

Использованный автором синтез собственной модели деаэрации с моделью гидродинамических процессов в элементах аппарата, реализуемой специализированным программным комплексом, является перспективным направлением исследований, расширяющим возможности обеих составляющих синтезированной

ной модели. Такой подход не является новым для научной школы ИГЭУ: он апробирован ранее в диссертации Ненаездникова А.Ю. (ведущей организацией по которой также выступал УлГТУ). Новизна же модели в данном случае определяется выбором другого объекта исследования - кавитационно-струйного деаэратора, для которого впервые получена модель, позволяющая рассчитать концентрацию растворенного кислорода в деаэрированной воде аппарата при измерении не только режимных, но и некоторых конструктивных параметров объекта.

Вместе с тем, нельзя признать в полной мере раскрытым потенциал разработанной модели кавитационно-струйного деаэратора: вопросы конструктивного совершенствования самого аппарата в диссертации отражены не в том объеме, которого они требуют. С другой стороны, задача оптимизации конструкции представляется довольно ёмкой и потому может являться темой самостоятельного научного исследования.

5. «На основе разработанной математической модели кавитационно-струйного деаэратора проведена модернизация известных и разработаны новые технические решения, обеспечивающие повышение эффективности деаэрации теплоносителя в технологических системах и установках ТЭС: системах возврата конденсата пара внешних потребителей; конденсационных установках паровых турбин; системах водяного охлаждения обмотки статора турбогенераторов с водородно-водяным охлаждением. В частности, получены следующие результаты:

– по конденсационным установкам и системам охлаждения турбогенераторов получены новые количественные данные относительно эффективности ранее предложенных технических решений;

– для систем возврата конденсата внешних потребителей разработано и обосновано техническое решение, предусматривающее установку кавитационно-струйного деаэратора по схеме рециркуляции через бак сбора конденсата; разработано математическое описание, позволяющее определять требуемую производительность и количество устанавливаемых деаэраторов, а также кратность рециркуляции воды через них, необходимую в каждом режиме; проведены исследования эффективности разработанного технического решения применительно к условиям Ивановской ТЭЦ-1, по результатам которых разработаны рекомендации для эффективного применения его на практике».

Эта часть диссертации носит выраженную практическую направленность: решаются конкретные производственные задачи с приведением подробных результатов разработки локальных моделей и расчетов, проведенных с их применением. При этом первые две задачи, касающиеся конденсационных установок турбин и систем охлаждения турбогенераторов, ранее уже рассматривались научной школой ИГЭУ (в рамках докторской диссертации Ледуховского Г.В.), и здесь по ним выполнено уточнение за счет использования более совершенной математической модели. В третьем же случае – по конденсатному хозяйству ТЭС – рассматривается новое техническое решение. Обоснованность всех рассмотренных в этой части диссертации решений обусловлена широким исполь-

зованием экспериментальных данных, полученных в условиях промышленной эксплуатации реальных теплоэнергетических установок.

В качестве недостатка практической части работы нужно указать на отсутствие сформулированной в явном виде привлекаемой автором для исследования математической модели коррозионных процессов в конденсатопроводах (авторы: А.К. Васим, В.Н. Виноградов), что не позволяет получить полное представление об используемых методах непосредственно из диссертации и требует обращения к первоисточникам. Последнее крайне неудобно с точки зрения использования рецензируемой диссертации в дальнейших исследованиях.

6. «Практическая реализация результатов работы подтверждена тремя актами внедрения и проведена по следующим направлениям:

– техническое решение по конденсационным установкам теплофикационных паровых турбин принято ЗАО «Управляющая компания объединенного петербургского энергостроительного консорциума» (г. Санкт-Петербург) в качестве типовой технологической схемы реконструкции; экономический эффект для турбоагрегатов типа ПТ-80/100-130/13 ЛМЗ оценен предприятием на уровне 1,2 млн. руб/год на один турбоагрегат, срок окупаемости инвестиций – 1,6 года;

– техническое решение по схеме возврата конденсата пара отдаленных внешних потребителей принято к использованию на ТЭЦ Индустриального парка «Родники» (ЗАО «Родниковская энергетическая компания», г. Родники Ивановской обл.);

– результаты работы внедрены в виде электронного учебного пособия «Атмосферные деаэрационные установки» в учебный процесс ИГЭУ по кафедре тепловых электрических станций».

Этот вывод констатирует практическую значимость проведенных исследований, связанных с внедрением результатов работы в условиях промышленной эксплуатации теплоэнергетических установок, а также их использование в образовательных целях.

Дополнительно к замечаниям, отмеченным при анализе выводов диссертации, следует остановиться еще на нескольких замечаниях и вопросах:

1. Работа несколько перегружена результатами экспериментальных исследований.

2. Из диссертации не совсем ясно, по каким критериям оценивалась точность полученных математических моделей.

3. Схема вакуумной деаэрационной установки с ДКС, пример которой приведен в диссертации на с. 123, рис. 4.4, должна проектироваться таким образом, чтобы максимально исключалась возможность присосов атмосферного воздуха в систему. В связи с этим, на наш взгляд, следует свести к минимуму количество запорно-регулирующей арматуры, работающей под вакуумом.

4. В работе отсутствует оценка энергетических затрат на рециркуляцию теплоносителя в деаэрационных установках с ДКС.

Указанные замечания не снижают научной и практической ценности диссертации, большинство из них можно рассматривать как рекомендации диссертанту в его будущей научной работе.

Общая оценка работы. Достоверность и обоснованность полученных в диссертации результатов обусловлена использованием экспериментальных данных, полученных на реальных промышленных аппаратах; применением апробированных методов математического моделирования, в основе которых лежат как балансовые соотношения по энергии и массе, так и традиционные подходы к расчету гидродинамических и массообменных характеристик теплоэнергетических установок. Ценность и обоснованность практических результатов диссертации подтверждается актами их внедрения на предприятиях теплоэнергетики.

Проведенный анализ содержания работы позволяет утверждать, что основные результаты диссертации удовлетворяют критериям новизны, достоверности и обоснованности. Диссертация обладает внутренним единством содержания; материал изложен грамотно, последовательно и подробно. В публикациях автора вполне освещены основные результаты исследований. Автореферат отражает содержание диссертации.

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

Полученные новые научные результаты и методики их практического применения рекомендуются использовать:

– в организациях, эксплуатирующих теплоэнергетические установки и системы (электростанции, паровые котельные, теплотехнологические установки с системами возврата конденсата) при решении задач обеспечения качественной защиты оборудования от коррозии в тех случаях, когда применение деаэраторов традиционных типов не возможно из-за отсутствия греющего пара или нецелесообразности его применения или же по массогабаритным характеристикам;

– в проектных организациях при выборе эффективных технических решений в области деаэрационных технологий;

– в организациях, занимающихся испытаниями и наладкой деаэраторов перегретой воды, в частности кавитационно-струйных деаэраторах, а также при выполнении реконструкций и модернизаций действующего энергетического оборудования.

Диссертация Барочкина Ю.Е. является научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно обоснованные технические решения и разработки по повышению эффективности деаэрации теплоносителя в отдельных технологических системах и установках ТЭС за счет применения кавитационно-струйного деаэратора, имеющие существенное значение для развития энергетической отрасли.

Диссертация соответствует требованиям пунктов 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней» (согласно постановлению Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 в актуальной редакции) по кандидатским диссертациям, а ее автор Барочкин Юрий Евгеньевич

заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.14 «Тепловые электрические станции, их энергетические системы и агрегаты».

Диссертационная работа, автореферат диссертации, а так же отзыв ведущей организации обсуждены на заседании кафедры «Теплогазоснабжение и вентиляция» 14.05.2020 г., протокол № 10.

Заведующий кафедрой
«Теплогазоснабжение и вентиляция»,
ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный
технический университет»,
кандидат технических наук, доцент

« 15 » 05 2020 г.

Замалеев
Мансур Масхутович

Доцент кафедры
«Теплогазоснабжение и вентиляция»,
ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный
технический университет»,
кандидат технических наук, доцент

« 15 » 05 2020 г.

Пазушкина
Ольга Владимировна

Профессор кафедры
«Теплогазоснабжение и вентиляция»,
ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный
технический университет»,
доктор технических наук, доцент

« 15 » 05 2020 г.

Ротов
Павел Валерьевич

Подписи М.М. Замалева, О.В. Пазушкина заверяю:

Директор департамента экономики, ф
кадрового обеспечения УлГТУ

Оффеева Оксана Геннадьевна

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ульяновский государственный технический университет».

Адрес: 432027, г. Ульяновск, ул. Северный Венец, 32, УлГТУ.

Сайт: www.ulstu.ru. Телефон: +7(8422) 43-06-43, 43-02-37. E-mail: rector@ulstu.ru.

Кафедра «Теплогазоснабжение и вентиляция» УлГТУ.

Адрес: 432027, г. Ульяновск, ул. Северный Венец, д. 32, 6-й учебный корпус, ауд. 109.

Телефон: +7(8422) 77-80-81. E-mail: tgv@ulstu.ru.