

ОТЗЫВ

официального оппонента Зройчикова Николая Алексеевича на диссертацию Бадриева Айрата Ирековича «Повышение эффективности охлаждения воды путем рационального распределения потоков в башенных градирнях», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.14 – «Тепловые электрические станции, их энергетические системы и агрегаты»

Актуальность исследования

На тепловых электрических станциях (ТЭС) имеет место проблема недоохлаждения оборотной воды в башенных градирнях, которая довольно остро проявляется в летнее время года. Известно, что от конечной температуры охлаждения циркуляционной воды зависит глубина вакуума в конденсаторе турбины, от которого в итоге зависит её мощность и в целом эффективность паротурбинного цикла. Безусловно, поиск путей совершенствования процессов охлаждения воды в башенных градирнях, направленных на повышение эффективности их работы, является приоритетной задачей для тепловых электрических станций.

Следует отметить, что диссертация Бадриева А.И. посвящена исследованию эффективности работы башенных градирен в условиях аэродинамической и гидродинамической неравномерности распределения потоков охлаждающего воздуха и воды.

Тему диссертации Бадриева А.И., нацеленную на повышение эффективности паротурбинного цикла следует признать актуальной, отвечающей стратегическим направлениям развития энергетической отрасли РФ.

Оценка содержания диссертации

Общий объем диссертации составляет 177 страниц машинописного текста формата А4, состоящая из введения, 5 глав, заключения, списка литературы из 188 наименований и 5 приложений. Автореферат изложен на 16 страницах машинописного текста формата А5.

Во введении обоснована актуальность; определены объект и предмет исследования, а также цель и задачи; указаны методы исследования; заявлена научная новизна; отмечена практическая значимость; представлены положения, выносимые на защиту; отмечена реализация результатов работы; указана достоверность и обоснованность результатов; отражены сведения об апробациях и данные о публикациях работы; представлен личный вклад автора; отмечены пункты соответствия паспорту специальности; описана структура и содержание исследования.

В главе 1 представлено современное состояние проблемы неравномерности распределения потоков воздуха и воды в башенных градирнях с учётом особенностей эксплуатации их на ТЭС. Отмечается, что в летние периоды снижения эффективности охлаждения циркуляционной воды эксплуатационный персонал вынужден прибегать к снижению нагрузки турбины. Поэтому, существует потребность к выявлению резервов повышения охлаждающей способности градирен. Выполнен анализ вариантов повышения охлаждающей способности башенных градирен в зарубежной и отечественной практике. Выполнен достаточно глубокий анализ причин низкой эффективности работы

башенных градирен. Отмечено, что неравномерность распределения потоков воды и воздуха в градирне является одной из главных причин снижения охлаждающей способности. Сделан вывод о том, что при построении фактических характеристик башенных градирен не принимается во внимание степень неравномерности распределения воды и воздуха, не рассмотрено совокупное влияние ряда факторов на показатели эффективности работы башенной градирни.

В главе 2 рассмотрен механизм явления неравномерности распределения воздушного потока в башенных градирнях. Выполнен теоретический анализ распределения воздуха в секциях башенных градирен. Установлено, что распределение воздуха подчиняется нормальному закону распределения, что подтверждено проведенным автором натурным экспериментом. Экспериментально установлена значительная степень неравномерности скорости воздуха в башенных градирнях разных типов (21 % и 28 %). Построены частные аэродинамические характеристики, позволяющие оценить влияние скорости воздушного потока на возникновение неравномерности и обобщенная аэродинамическая характеристика, с учетом влияния плотности орошения, скорости наружного ветра и коэффициента аэродинамического сопротивления.

Глава 3 посвящена теоретическому и экспериментальному анализу неравномерности распределения плотности орошения воды в башенных градирнях. Теоретически установлено и экспериментально подтверждено, что распределения плотности орошения воды подчиняется нормальному закону распределения. Предложено учитывать неравномерность распределения воды статистической функцией распределения плотности орошения. Экспериментальным путем установлена значительная степень неравномерности плотности орошения башенных градирен (33 % и 15 %). На основании полученных данных, построены фактические характеристики эффективности охлаждения воды.

В главе 4 предложена методика корректировки рабочих характеристик башенных градирен, которая учитывает неравномерность распределения потоков воды и воздуха. Методика предполагает построение нормативных и фактических характеристик. В качестве примера, показано применение методики при расчёте фактических характеристик охлаждающей способности БГ-2600 Набережночелнинской ТЭЦ. Методика получила апробацию при расчете характеристик башенной градирни БГ-1600 Петрозаводской ТЭЦ.

В главе 5 предложены мероприятия для повышения эффективности охлаждения циркуляционной воды в башенных градирнях. В том числе, проведено численное моделирование степени охлаждения воды при разных скоростях воздуха в секции. Показано, что наилучшее охлаждение при постоянном расходе циркуляционной воды достигается при скорости воздуха 3 м/с. Численно установлено, что недостаточное охлаждение возникает из-за появления зон в секции, запирающих приток воздуха. Разработана программа автоматического управления воздухозаборными окнами башенной градирни. Автор показывает, что предложенные мероприятия позволят снизить затраты на топлива до 2,2 млн. руб./год.

В заключении сформулированы основные результаты и выводы, в полной мере отражающие содержание диссертации.

Новизна полученных результатов и их значимость для науки и практики

Анализ рассматриваемой диссертации и опубликованных работ по теме показал, что **научную новизну** составляют следующие результаты:

- экспериментально подтвержден теоретический закон распределения воды и воздуха в башенных градирнях;

- установлено совместное влияние факторов на скорость воздуха в секциях башенной градирни: плотности орошения, аэродинамического сопротивления и скорости ветра. Получена обобщенная аэродинамическая характеристика с учетом указанных факторов;

- получена охлаждающая характеристика с учетом влияния неравномерности потоков воды и воздуха башенной градирни. Установлено, что с увеличением гидравлической нагрузки на градирню в условиях неравномерности потоков, возникает спад охлаждающей мощности;

- разработана математическая модель комплексного учета неравномерности распределения воды и воздуха башенной градирни. Модель позволяет определить степень неравномерности потоков для дальнейшего их рационального распределения;

- получены результаты численных исследований охлаждения воды при различных скоростях воздуха в секции башенной градирни. Установлен оптимальный режим охлаждения воды в условиях неравномерности потоков.

Практическую значимость заключается в следующем:

- рассчитана ветровая характеристика БГ-2600, которая используется на Набережночелнинской ТЭЦ с целью регулирования открытия воздухозаборных окон башенных градирен;

- разработана методика корректировки рабочих характеристик башенных градирен с учетом неравномерности потоков воды и воздуха. Методика успешно апробирована на БГ-1600 Петрозаводской ТЭЦ;

- разработана программа автоматического регулирования воздухозаборными окнами БГ-2600 для условий неравномерного распределения воды и воздуха. Получено свидетельство о регистрации программы для ЭВМ.

Вопросы и замечания по диссертации

1. Рисунок 2.3 представлен в обезличенном виде. Непонятно как учитывалось влияние соседних секций на результаты измерений. Следовало бы указать координаты позиций измерений скорости воздуха как точек пересечения радиуса и окружности по всему сечению башенной градирни.

2. Обнаруженные значительные нарушения и дефекты при эксплуатации башенной градирни БГ-2600 Набережночелнинской ТЭЦ исключают чистоту проведения научного эксперимента и возможность обобщения результатов измерений. Требуется расширенный анализ причин наличия существенной неравномерности распределения скоростей воздуха по секторальным секциям градирен, показанной на рисунках 2.4, 2.6.

3. На странице 79 диссертант утверждает, что причиной неравномерности орошения являются конструктивные недостатки и недочеты в эксплуатации оросительной системы градирни, при этом без должного сравнительного анализа гидравлической природы явления, делает вывод о соответствии нормальному закону распределения. Требуется комментарий.

4. В тексте диссертации отсутствует описание объектов испытаний (БГ-1600 и БГ-2600).

5. Как правило организация измерений при подобных испытаниях сопряжено с большой сложностью, что часто сказывается на величине погрешности натуральных экспериментов. Поэтому диссертанту следовало бы привести более подробную методику испытаний и тщательнее подойти к анализу результатов испытаний с учётом погрешности измерений.

6. В подразделе 2.4 диссертации приведено уравнение регрессии, полученное в результате обработки эксперимента. Диссертант считает, что «...да и нет проблем с построением уравнения регрессии любого порядка...». Регрессивный анализ, как статистический метод исследования широко используется для прогнозирования, где его использование имеет существенное преимущество, но иногда это может приводить к иллюзии или ложным результатам. Оппонент считает, что использование диссертантом многопараметрической регрессионной модели для требований точного расчётного анализа не корректным.

7. На рисунке 2.7 и 3.4 показано распределение скорости воздуха и плотности орошения только соседних секций. Для полного представления, полезно было бы показать указанные распределения по всем секциям башенной градирни.

8. Из общего содержания главы 4 не ясно, может ли применяться разработанная методика корректировки рабочих характеристик для других типов башенных градирен?

9. На рисунках 5.5 – 5.10 и 5.19 – 5.24, кроме изображений в проекции «сверху», следовало бы отразить в том числе полную 3-d модель распределений воздуха и интенсивности воздушных вихрей.

10. Экономический расчёт выполнен по отклонениям от нормативного вакуума в конденсаторе турбины без явной привязки влияния выдвинутых диссертантом мероприятий, позволяющих повысить охлаждающую способность башенной градирни в условиях неравномерности потоков воды и воздуха. Создаётся впечатление, что приведенные величины снижения финансовых потерь по перерасходу топлива явно завышены.

Общая оценка диссертации

Наличие приведенных замечаний не влияет на положительную оценку диссертации. Работа выполнена на высоком профессиональном уровне, в полной мере отражает владение автором современных вычислительных средств и методов исследований, знания обширной библиографической базы по теме работы. Несомненным достоинством работы является проведение натуральных экспериментов для подтверждения теоретических результатов исследований.

Диссертация изложена последовательно, методически правильно и достаточно полно раскрывает решение поставленных научно-технических задач, представляет собой законченное научное исследование. Автореферат отражает основное содержание диссертации.

Предложенные решения автором диссертации вполне аргументированы и сопоставлены с другими известными решениями. Количество публикаций по теме диссертации удовлетворяет требованиям к кандидатским диссертациям: 8 статей в изданиях из перечня ВАК, 4 статьи в изданиях, индексируемых в базах «Scopus» и «Web of Science»; одно свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. Результаты работы апробированы на международных и вузовских конференциях РФ.

Заключение по диссертации

Диссертация Бадриева А.И. «Повышение эффективности охлаждения воды путем рационального распределения потоков в башенных градирнях» полностью соответствует паспорту специальности 05.14.14 – «Тепловые электрические станции, их энергетические системы и агрегаты» в части формулы специальности: «в рамках специальности проводятся работы по совершенствованию действующих и обоснованию новых типов и конструкций основного и вспомогательного оборудования ТЭС»; «разрабатываются вопросы водоиспользования и водных режимов». В том числе, в пунктах области исследований: 2. Исследование и математическое моделирование процессов, протекающих в агрегатах, системах и общем цикле тепловых электростанций; 3. Разработка, исследование, совершенствование действующих и освоение новых технологий производства электрической энергии и тепла, использования топлива, водных и химических режимов, способов снижения влияния работы тепловых электростанций на окружающую среду; 6. Разработка вопросов эксплуатации систем и оборудования тепловых электростанций.

Диссертация является законченной научно – квалификационной работой, в которой изложены новые научно обоснованные технические решения, обеспечивающие повышение эффективности охлаждения воды в башенных градирнях, что имеет существенное значение для развития энергетической отрасли. Диссертация соответствует требованиям пп. 9 – 14 «Положения о присуждении ученых степеней» (утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор Бадриев Айрат Ирекович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.14 – «Тепловые электрические станции, их энергетические системы и агрегаты».

Официальный оппонент:

д.т.н., профессор
кафедры «Тепловые электрические станции» ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ»


Подпись от 08.21.17

Зройчиков
Николай Алексеевич

удостоверяю
начальник управления по
работе с персоналом



Адрес: 111250, г. Москва, ул. Красноказарменная, д. 17,
ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Тел.: +7 (495) 362-71-57.

E-mail: ZroychikovNA@mpei.ru.

Сайт: <https://mpei.ru>.