ОТЗЫВ

на диссертационную работу Шавдиновой Мадины Джалалдиновны
на тему «**Математическое моделирование элементов конденсационной установки при исследовании и разработке способов повышения эффективности работы ТЭЦ**»
по специальности «6D071700 – Теплоэнергетика»
(по направлению подготовки 8D07102– «Теплоэнергетика»)

Диссертационная работа Шавдиновой М.Д. на тему «Математическое моделирование элементов конденсационной установки при исследовании и разработке способов повышения эффективности работы ТЭЦ», представленная на соискание учёной степени доктора PhD по специальности 6D071700 – «Теплоэнергетика», **отвечает требованиям, предъявляемым к диссертациям, и соответствует специальности.**

Цель работы - разработка математических моделей элементов конденсационной установки (КУ) на основании новых методических подходов и технических решений, обеспечивающих повышение качества прогнозирования надежной и эффективной работы конденсационной установки паровой турбины, что позволит персоналу ТЭЦ на основе эксплуатационных показателей, разработанных моделей, а также по анализу рисков эффективно и надежно эксплуатировать КУ.

Задачи, поставленные в исследовании, решены в полном объеме.

Актуальность работы. На основании анализа опубликованных результатов исследований можно констатировать, что конденсационной установке на ТЭЦ РК уделяют незначительное внимание.

На станциях РК не достаточно активно используются методики мониторинга, диагностирования и оценки состояния конденсационной установки, тем более опирающиеся на математические модели.

На ТЭС РК не полностью внедрена возможность оперативного управления и прогнозирования потери безопасности, работоспособности, исправности и эффективности конденсационной установки.

Не используются результаты математического моделирования, обеспечивающие диагностику, оперативное управление, прогнозирование сроков эксплуатации и расширение диапазонов параметров конденсационной установки.

Несомненная актуальность исследования состоит в разработке программно-информационного комплекса конденсационной установки ТЭЦ.

Новизна научных исследований.

1. Разработаны математические модели конденсатора и эжектора для станций с теплофикационными турбинами типа Т. Модели верифицированы и апробированы применительно к условиям работы АлЭС ТЭЦ-2. Математические модели конденсатора и эжектора включают программный продукт, реализованный в табличном редакторе Microsoft Excel. Предлагаемая в модели методика учитывает особенности определения давления пара в различных зонах конденсатора при подаче в основные пучки – охлаждающей воды, во встроенные пучки – сырой воды. Получена зависимость для расчета параметров пара в конденсаторе с основными и встроенными пучками труб. Разработанная методика может использоваться для экстраполяции нормативных характеристик конденсатора в область расходов пара больше $D_к > 78$ кг/с (280 т/ч).

2. Получено, что при барометрическом давлении в конденсаторе турбины ниже 100 кПа целесообразна установка нового основного двухступенчатого пароструйного эжектора вместо действующего (получен патент на полезную модель двухступенчатого эжектора). Установлено, что расход рабочего пара на двухступенчатый эжектор существенно (на 30%) ниже, чем на трехступенчатый, что приводит к экономии пара и, в конечном счете, топлива на собственные нужды ТЭЦ.

Получено, что при изменении давления пара в конденсаторе на 1 кПа удельный расход топлива изменится примерно на 1,0%, а при изменении давления пара на 2 кПа – на 1,5%.

3. По предлагаемой методике учета раздельного влияния присосов воздуха и загрязнений поверхности конденсатора паровой турбины АлЭС ТЭЦ-2 установлено, что отклонение фактических показателей конденсатора от нормативных (расчетных) значений определяется в основном загрязнением трубок конденсатора. Присосы воздуха в большинстве режимов не оказывают влияния.

4. На основе проведенного полного многоуровневого анализа эксплуатационных рисков оборудования конденсационной установки определены вероятности различных типов нарушений функционирования конденсатора: потеря безопасности составляет 29%, потеря работоспособности – 55%, потеря исправности – 50%, потеря эффективности 17% за 5 лет эксплуатации, с возможностью оценок надежности работы КУ в разные временные интервалы.

5. Впервые автором получен комплекс программ **«Condensing Unit» - CU-код**, включающий следующие модули: математические модели конденсатора и пароструйного эжектора, диагностическую модель конденсатора, дерево событий, модель двухступенчатого эжектора. Разработанные модули взаимосвязаны между собой, но могут использоваться по отдельности. CU-код передается на ТЭЦ для дальнейшего использования вместе с рекомендациями рабочему персоналу по повышению эффективности работы КУ ТЭЦ.

Полученные результаты диссертационной работы имеют научную и практическую ценность:

– математические модели и программы расчета конденсатора и пароструйного эжектора, могут использоваться при диагностике и мониторинге состояния оборудования, проведения энергетического аудита станции;

– математические модели конденсатора и пароструйного эжектора, могут использоваться в процессе обучения теплоэнергетиков при проведении виртуальных лабораторных работ;

– по результатам обработки промышленного эксперимента получена зависимость для определения давления пара в конденсаторе, имеющего основные и встроенные пучки труб, позволяющая получать нормативные характеристики конденсатора на весь диапазон изменения расходов пара;

– представлена методика обработки экспериментальных данных для оценки технико-экономических показателей ТЭЦ;

– программный комплекс CU-код позволяет оценивать и прогнозировать риски, а также решать практические задачи, направленные на повышение эффективности и надежности работы КУ АлЭС ТЭЦ-2 и ТЭС РК.

Практическая значимость исследования подтверждена патентом на полезную модель, актами внедрения от КазНИПИЭнергопрома и от АлЭС ТЭЦ-2.

Результаты исследования активно используются в учебном процессе в АУЭС им. Г. Даукеева и КНУ – опубликованы методические указания по выполнению виртуальных лабораторных работ для дисциплин ТМО, ММОТПУ.

Докторант принимала участие в Международных конференциях, опубликовано 9 докладов, 5 статей в журналах, рекомендованных ККСОН, 2 статьи в журналах, входящих в базу SCOPUS.

Отдельно, хотелось бы отметит личные качества Мадины Джалалдиновны, проявленные при выполнении диссертационной работы.

Это ответственность, организованность, системность, огромное трудолюбие, самостоятельность, инициативность. Она наладила плодотворные отношения с зарубежным научным консультантом, со специалистами АлЭС ТЭЦ-2. Обработала колоссальный объем данных со станции для создания информационной базы моделей. Продемонстрировала высокий уровень владения ИКТ. Поступив в докторантуру в сентябре, в декабре родила ребенка, не брала декретный отпуск, и через полгода вышла на работу в КНУ, параллельно с работой над диссертацией.

Активно продолжала работу над диссертацией и во время эпидемии COVID, прошла онлайн стажировку в УРФУ на кафедре турбин и двигателей.

Считаю, что диссертационная работа на тему «Математическое моделирование элементов конденсационной установки при исследовании и разработке способов повышения эффективности работы ТЭЦ» является завершенной научно-квалификационной работой. Полученные результаты являются достаточно новыми, обоснованными, достоверными и имеют практическую значимость.

Работа является самостоятельным законченным исследованием и отвечает всем квалификационным требованиям, предъявляемым Комитетом по контролю в сфере образования и науки МОН РК о порядке присуждения ученых степеней.

Диссертационную работу Шавдиновой М.Д. на тему «Математическое моделирование элементов конденсационной установки при исследовании и разработке способов повышения эффективности работы ТЭЦ» можно считать завершённой научно - исследовательской работой, содержащей новые решения актуальной научной проблемы, и рекомендовать к защите на присвоение степени доктора философии (PhD) по специальности «6D071700 – Теплоэнергетика» (по направлению подготовки 8D07102– «Теплоэнергетика»).

Научный консультант к.ф.-м.н. доцент Борисова Н.Г.