

ОТЗЫВ

официального оппонента Кудинова Анатолия Александровича на диссертационную работу Боруш Олеси Владимировны на тему «Эффективность двухтопливных парогазовых установок в условиях регионального топливно-энергетического баланса», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.14.14 – «Тепловые электрические станции, их энергетические системы и агрегаты»

Представленная на отзыв диссертационная работа состоит из введения, шести глав, заключения, списка литературы и двух приложений. Общий объем диссертации составляет 240 страниц, содержит 112 рисунков и 25 таблиц. Список литературы включает 128 источников.

Целью работы в формулировке соискателя является решение комплексной научно технической проблемы развития региональной энергетики с разработкой взаимосвязанных методических подходов, математических моделей и методов для исследования двухтопливных ПГУ в условиях регионального топливно-энергетического баланса.

1. Актуальность темы. В настоящее время в РФ и за рубежом отмечается рост производства электроэнергии, что обуславливается развитием промышленности и увеличением численности населения в крупных городах. Покрытие растущих абсолютных показателей потребления электроэнергии в РФ осуществляется в основном за счет модернизации существующих паротурбинных ТЭС и ввода новых энергетических блоков на основе парогазовых технологий. Внедрение в энергетику комбинированных парогазовых установок (ПГУ) является одним из признанных направлений и обуславливается в основном их повышенной экономичностью и экологичностью. При этом вводимые в эксплуатацию энергетические ПГУ работают на природном газе. Однако в ряде регионах РФ, таких как Сибирь, Дальний Восток и Урал, имеются большие запасы ископаемых углей и наблюдается дефицит природного газа. Следует отметить, что задача эффективного использования углей и в настоящее время является актуальной проблемой. Таким образом, возникает проблема разработки и внедрения парогазовых технологий на базе процессов газификации твёрдых топлив и, в первую очередь, ископаемых углей. Учитывая изложенное, тема диссертационной работы О.В. Боруш, посвященной решению комплексной научно технической проблемы развития региональной энергетики путем применения газификации твёрдого топлива в парогазовых циклах тепловых электростанций и

разработки теоретической базы для двухтопливных ПГУ в условиях регионального топливно-энергетического баланса, является **актуальной**.

2. Оценка содержания диссертации и степени обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

Во введении дано обоснование актуальности темы исследований, сформулированы цель и задачи исследования, научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, приведены применяемые в работе методы исследования, перечислены положения, выносимые на защиту, описаны степень достоверности и личный вклад автора, апробация результатов, публикации, структура и объем работы.

В первой главе приведены структура генерирующих мощностей электроэнергетики России и топливопотребления региональной энергетики на примере Сибирского федерального округа. Показано, что в топливном балансе энергетики РФ повысилась доля потребления природного газа за счет сокращения, в первую очередь, потребления ископаемых углей. Обосновывается актуальность ввода двухтопливных ПГУ в энергетику региона в условиях его топливно-энергетического баланса. Анализ современного состояния проблемы позволил соискателю выявить узкие места в проблеме и обоснованно сформулировать цели и задачи диссертационного исследования.

Во второй главе представлены структура и объем мирового рынка энергетического машиностроения. Отмечается, что энергетика РФ в настоящее время характеризуется устойчивым ростом установленных мощностей, приведены основные отечественные производители энергетического оборудования. Предложены математическая модель ретроспективного анализа рынка энергетического машиностроения России на основе универсальных аппроксимирующих зависимостей для каждого сегмента рынка и методика ретроспективного анализа рынка для формирования среднесрочного прогноза использования энергетического оборудования в РФ. Результаты исследований являются новыми.

В третьей главе рассмотрены теоретические сведения о развитии парогазовых технологий и двухтопливных парогазовых установок. Приведены примеры тепловых схем и энергетических показателей двухтопливных ПГУ параллельного типа с применением отечественного оборудования. Предложены методические положения оценки энергетической эффективности и определения конкурентоспособности двухтопливных ПГУ при изменении соотношений цен на топливо (газ и уголь). В рамках межтопливной конкуренции выполнено сравнение двухтопливных ПГУ с паротурбинными угольными установками и

бинарными ПГУ. Показано, что двухтопливные ПГУ параллельного типа предпочтительнее традиционных пылеугольных энергоблоков в том случае, когда соотношение цен на топливо газ/уголь не превышает 5, и предпочтительнее бинарных ПГУ сбросного типа при соотношении цен на топливо газ/уголь более 0,5. Результаты могут использоваться в инженерных приложениях.

В четвертой главе сформулированы научно-методические основы оптимизационного исследования и эксергетического анализа энергоблоков двухтопливных ПГУ с использованием дифференциально-эксергетической методологии. Разработан программно-вычислительный комплекс, с использованием которого возможно проведение эксергетического анализа ПГУ разного типа в вероятностной постановке для формирования информационной базы и обоснования рациональных областей применения ПГУ в региональной энергетике. Предложенная методика позволяет устанавливать зависимость между расходно-термодинамическими параметрами и технико-экономической эффективностью для ПГУ разного состава оборудования и назначения на основе схемно-параметрической оптимизации.

В пятой главе рассматриваются перспективы развития парогазовых технологий в современной российской и зарубежной энергетике. Рассмотрены различные варианты исполнения ПГУ и основные уравнения по определению их энергетической эффективности. Представлены технологии модернизации традиционных ТЭЦ в парогазовые в виде ГТ надстроенной ТЭЦ и ТЭЦ с ГТУ и утилизацией газов в газовом сетевом подогревателе. Приведены результаты серий численных экспериментов и выполнено сравнение по эксергетическим показателям эффективности двухтопливных ПГУ, бинарных ПГУ и традиционных пылеугольных паротурбинных установок. Показано, что по экологическим параметрам при оснащении региональной энергетике разными технологиями двухтопливные ПГУ на суперсверхкритические параметры отличаются высокой эффективностью. При этом обеспечивается снижение экологической нагрузки на территорию от 5 до 45 % по показателю декарбонизации.

В шестой главе приведены примеры решения научно-прикладных задач с использованием разработанных методов и подходов. Сделан вывод о том, что перевод газифицированных ТЭЦ на твердое топливо (уголь) нецелесообразен, а энергоблоков ГРЭС возможен. Эффективность перевода во многом зависит от внешних условий и определяется достаточно узким «коридором» изменения влияющих факторов. Вместе с тем перевод позволит обеспечить экономию

природного газа для РФ около 30 млрд. м³ в год. Результаты представлены достаточно подробно, имеют научно-прикладную направленность.

В заключении диссертационной работы формулируются основные выводы и результаты выполненных исследований.

Реализация диссертационной работы подтверждена двумя актами о практическом использовании результатов НИР.

3. Научная новизна диссертационной работы состоит в представлении совокупности моделей двухтопливных парогазовых установок с параллельной схемой работы, включая ПГУ с газификацией угольного топлива для комбинированного производства водорода и электроэнергии и бинарных ПГУ сбросного типа, в разработке теоретических положений по оценке энергетической эффективности двухтопливных ПГУ параллельного типа, комплексного подхода к оптимизационному исследованию и энергетическому анализу двухтопливных ПГУ с выбором параметров термодинамического цикла и тепловой схемы применительно к региональной энергетике, в разработке методики ретроспективного анализа рынка энергетического машиностроения для среднесрочной оценки развития рынка энергооборудования в РФ и теоретических положений для определения конкурентоспособности двухтопливных парогазовых установок в условиях изменения ценовых соотношений.

4. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации. Достоверность изложенных в диссертации основных научных и практических результатов обосновывается проведением численных экспериментов, основанных на методиках технико-экономических и энергетических системных исследований, использованием апробированных программных средств моделирования, основанных на законах технической термодинамики, теории теплообмена, методах вычислительной математики и теории вероятности, теории надёжности, удовлетворительным совпадением результатов при решении ряда задач подобного класса с результатами других авторов. Дополнительно достоверность результатов диссертации обеспечивается фактическим опытом проектирования в инжиниринговых компаниях и отчетными данными о развитии энергетики аналитических агентств и Министерства энергетики РФ.

5. Значимость результатов для науки и практики

Научная и практическая значимость результатов работы состоит в том, что разработанные методики, методические подходы, теоретические положения, математические модели, алгоритмы и программы расчетов позволяют получать

оптимальные схемнопараметрические решения по ПГУ ТЭС, выполнять анализ возможностей применения двухтопливных ПГУ в региональной энергетике, а также решать задачи по разработке технических решений при проектировании новых или модернизации существующих объектов генерации.

Практическая значимость работы состоит в использовании ее результатов в организациях ООО «КОТЭС Инжиниринг» (г. Новосибирск); ООО «Институт передовых исследований» (г. Новосибирск); в учебном процессе ФГБОУ ВО «НГТУ» при подготовке магистров и аспирантов. Проведенные автором научные исследования в целом носят выраженный прикладной характер.

В целом поставленные в диссертации задачи решаются вполне убедительно и квалифицировано. В тоже время при анализе содержания диссертационной работы у оппонента возникли следующие замечания.

6. Замечания по диссертационной работе

1. В пояснительной записке отсутствует описание степени разработанности темы диссертационной работы (см. раздел «Введение», стр. 5–15). Обзор исследований по теме диссертационной работы приведен в подразделе 3.1 «Теоретические сведения о парогазовых установках и двухтопливных парогазовых установках». В РФ исследования в области комплексной переработки твердого топлива и повышения эффективности применения технологий газификации угля на ТЭС выполняют научные школы НИУ МЭИ, ОАО ВТИ, НИ ТПУ, УрФУ, Институт угля СО РАН и др. Приоритет по данной теме, признанный во всем мире, имеется у Российских научных школ. Однако в диссертации исследования Российских ученых отражены не полно.

2. На стр. 28 работы имеется ссылка на литературный источник Л.А. Мелентьева [17] (1976 год издания), в соответствии с которым приблизительно затраты в смежные производства (сопряженные затраты) в диссертации оценивались на уровне 40 % от основных фондов ТЭС. При этом отсутствует обоснование этого показателя для современных условий.

3. В диссертации приведена формула (3.1) расчета КПД ПГУ любого типа (см. стр. 61). В работе отсутствует ссылка на литературный источник, в котором она представлена. Расчет по формуле (3.1) приводит к завышенным значениям КПД ПГУ, так как в ней отсутствует термический КПД цикла Ренкина ПСУ, которым учитываются потери в холодном источнике.

4. На стр. 67 диссертации приведена формула (3.12) расчета КПД парогазовой установки. При этом результаты числовых расчетов КПД по формулам (3.1) и (3.12) не согласуются.

5. В шестой главе диссертации представлены тепловые схемы ПГУ с газификацией угля. Рассмотрены газификаторы Трубчатый, Тексако и Винклера. Выполнен технико-экономический анализ парогазовых энергоблоков ТЭЦ с комбинированным производством электро-, теплоэнергии, синтез-газа и водорода и даны рекомендации по выбору рациональных схем и параметров ПГУ-ТЭЦ с газификацией угля. Однако в качестве расчетного топлива для всех газификаторов принят Кузнецкий уголь (промпродукт) и отсутствуют решения для других марок и месторождений углей. Кроме того, не рассматриваются технические решения газификации твердого топлива в пылевидном потоке по методам «Shell», «E-Gas», «МНП», не приведены параметры наружного воздуха.

6. На рис. 6.14, 6.15 представлены расчетные тепловые схемы паротурбинных установок Т-117/146-12,8 и Т-96/122-8,8, на которых конденсат (дренаж) греющего пара регенеративных ПНДЗ – ПНД6 направляется в конденсатор. На практике такое решение приводит к повышению давления в конденсаторе и снижению экономичности установки; требуется установка дренажного насоса.

7. В таблицах 6.11, 6.12 приведены основные годовые ТЭП ТЭЦ после модернизации, где значение удельного расхода условного топлива b_y на отпущенную электроэнергию для ТЭЦ до модернизации (2018 г) принято равным 513,39 г/кВт·ч. Фактическое значение b_y для современных паротурбинных ТЭЦ РФ равно 270–310 г/кВт·ч, а для ТЭЦ, оснащенных устаревшим тепломеханическим оборудованием, установленным в первой половине 20-го века, $b_y=370–400$ г/кВт·ч. Расчет для $b_y=513,39$ г/кВт·ч. приводит к неточностям при сравнении вариантов годовых ТЭП ТЭЦ до модернизации и после модернизации.

8. В пояснительной записке диссертации список литературы, изложенный на 15 страницах (см. стр. 218–234), представлен не по алфавиту, что затрудняет выполнение оппонентом анализа содержания диссертационной работы.

Отмеченные выше замечания и недостатки имеют частный характер, не снижают научной и практической ценности работы и целостности ее содержания.

7. Подтверждение опубликования основных результатов диссертации в научной печати. По теме диссертации соискателем опубликовано 47 печатных работ, в том числе 1 монография (в соавторстве), 13 статей в ведущих журналах, входящих в перечень рецензируемых научных изданий, 6 статей в журналах и материалах конференций, входящих в международные базы SCOPUS и Web of Science, 23 публикации в научных журналах, сборниках трудов, материалах международных и всероссийских конференций, форумов, симпозиумов, 4 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Автореферат диссертации выдержан по форме и объему и отражает основные положения диссертационной работы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация О.В. Боруш «Эффективность двухтопливных парогазовых установок в условиях регионального топливно-энергетического баланса», представляет собой законченную научно-квалификационную исследовательскую работу, выполнена с использованием современных методов исследования и компьютерной техники на актуальную тему, направлена на решение комплексной научно технической проблемы развития региональной энергетики с разработкой взаимосвязанных методических подходов, математических моделей и методов для исследования двухтопливных парогазовых установок и по актуальности, объему и уровню выполненных исследований и полноте публикаций отвечает требованиям, предъявляемым ВАК Минобрнауки России, установленным в п. 9 Положения о присуждении ученых степеней (Постановление Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г. в редакции от 01.10.2018 г.) к диссертационным работам на соискание ученой степени доктора наук, соответствует паспорту специальности 05.14.14 – Тепловые электрические станции, их энергетические системы и агрегаты. Соискатель Боруш Олеся Владимировна заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.14.14 – Тепловые электрические станции, их энергетические системы и агрегаты.

Официальный оппонент

Заведующий кафедрой «Тепловые электрические станции»
ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»,
доктор технических наук, профессор
443100, Самара, ул. Молодогвардейская, 244,
Главный корпус
Тел. 8(846)3324231; 3336577
e-mail: tes@samgtu.ru

15.11.2019 г.

Кудинов
Анатолий Александрович

Подпись Кудинова А.А. заверяю:
Ученый секретарь ФГБОУ ВО
«Самарский государственный
технический университет»,
доктор технических наук

Малиновская
Юлия Александровна

*Поступила в Совет 2.12.19
Уч. секр. ФГБОУ ВО*

*с отзывом ознакомлена 02.12.2019
О.В. Боруш*