

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Боруш Олеси Владимировны на тему «Эффективность двухтопливных парогазовых установок в условиях регионального топливно-энергетического баланса», представленной на соискание учёной степени доктора технических наук по специальности 05.14.14 – «Тепловые электрические станции, их энергетические системы и агрегаты»

Актуальность темы диссертации

Диссертация Олеси Владимировны Боруш посвящена насущным вопросам разработки и совершенствования двухтопливных парогазовых установок (ПГУ), развитию методов и подходов, обеспечивающих возможность оценки и анализа энергетической, экологической и экономической эффективности ПГУ, с целью повышения технологической конкуренции установок, работающих одновременно на угле и газе. Решение этих вопросов позволяет оценить масштабы их внедрения в региональную энергетику.

Парогазовые технологии по показателю тепловой экономичности и экологичности существенно превосходят установки традиционного паросилового контура, поэтому их применению в современной энергетике уделяется большое внимание. Целесообразность проведения исследовательских работ по разработке и совершенствованию схем ПГУ, оценке их эффективности и возможностей внедрения в различных регионах России очевидна и обосновывается современным состоянием генерирующего оборудования, а также потребностью в обновлении к 2040 г. более 100 ГВт установленной мощности ТЭС, основная часть которых должна быть заменена с переводом на более прогрессивные и экономичные технологии. Учитывая особенность энергетики России, связанную с двухтопливностью и разными условиями топливоснабжения регионов, одним из перспективных направлений в области ПГУ технологий является их реализация при работе на двух видах топлива – уголь и газ.

Таким образом, проблема совершенствования действующих и обоснования новых технологий производства электрической энергии и тепла в региональной энергетике, а именно двухтопливных ПГУ, несомненно, является **актуальной**, направленной на повышение эффективности использования энергоресурсов. Именно решению данной проблемы посвящена диссертационная работа Боруш О.В., что определяет важность и актуальность темы рассматриваемой работы.

Структура и объем диссертации

Диссертационная работа состоит из введения, шести глав, заключения, библиографического списка из 128 наименований и двух приложений. Общий объем диссертации составляет 240 страниц машинописного текста, содержит 112 рисунков и 25 таблиц.

Анализ содержания диссертации

Во введении обоснована актуальность темы, отражено современное состояние по решаемой проблеме. Сформулированы цель и задачи исследований. Определен объект и предмет исследования. Приведена теоретическая и практическая значимость результатов, научная новизна и положения, выносимые

на защиту. Отражена реализация и апробация результатов работы.

В первой главе представлена современная структура и динамика изменения генерирующих мощностей электроэнергетики России и топливопотребления с учетом их территориального размещения. Выполнен анализ и предложены варианты развития региональной энергетики с учетом изменения топливного баланса и вводом новых мощностей на базе ПГУ на примере Сибирского региона.

На основании проведенного анализа современного состояния проблемы сформулированы цели и задачи исследований.

Во второй главе представлена структура собственности в энергетике и формирование стратегических партнерств; отмечены характерные черты отечественного энергетического машиностроения и отсутствие в РФ корпораций, обеспечивающих полный цикл производства. Автором предложена методика ретроспективного анализа рынка на основе универсальных аппроксимирующих зависимостей для различных сегментов рынка энергооборудования, таких как газовые турбины, паровые турбины, гидротурбины, паровые котлы, генераторы и трансформаторы, дизели и газопоршневые установки. Данная методика позволяет определять перспективы развития рынка энергетического машиностроения России на ближайший период, а также возможности выбора технологии при вводе мощностей, например, в рамках договора на поставку (ДПМ). Полученные результаты в данной главе дополняют известные методы прогнозирования, применяемые в различных стратегиях экономического развития страны.

В третьей главе показана перспектива применения двухтопливных парогазовых на основе комплекса разработанных методических положений термодинамического анализа энергетической эффективности двухтопливной ПГУ, который позволяет получить оценку предельных её значений при современном уровне развития техники. Следует отметить, что в работе рассмотрены различные варианты исполнения тепловых схем двухтопливных ПГУ, в зависимости от параметров паротурбинной части. Таким образом, автор учел современные тенденции развития теплоэнергетических установок.

Кроме того, в диссертации предложен методический подход к определению эффективности двухтопливных ПГУ по показателю межтопливной конкурентоспособности, позволяющему определять зоны наиболее выгодного применения двухтопливной технологии ПГУ в сравнении с паротурбинной или бинарной ПГУ в условиях изменения ценовых соотношений на топливо.

Четвертая глава посвящена вопросам развития комплексного подхода к оптимизационному исследованию и энергетическому анализу двухтопливных ПГУ с определением их энергетической и технико-экономической эффективности в региональной энергетике, при этом учитываются мощность энергокомпаний, температура окружающего воздуха региона функционирования, фоновая концентрация промышленного ареала, разуплотнение графика электрической нагрузки и другие системные ограничения, а также неопределенность исходной информации.

Рассмотрен алгоритм расчета и принципиальная структурная схема вычислительного комплекса ОРТЭС.

На основе разработанного методический подхода устанавливаются зависимости между технико-экономической эффективностью и расходно-термодинамическими параметрами для ПГУ разного состава оборудования и назначения.

В пятой главе приведены оптимальные параметры двухтопливных и бинарных парогазовых установок для разного состава оборудования и назначения, выполнен анализ результатов оптимизационного исследования технологических схем ПГУ. Проведено сравнение по эксергетическим показателям эффективности, показателю межтопливной конкуренции и показателю декарбонизации двухтопливных, бинарных ПГУ и традиционных пылеугольных паротурбинных установок. Определена рациональная перспективная структура доля ПГУ в региональной энергетике на примере Сибири.

В шестой главе на основе разработанных методов и подходов приведены примеры решения ряда научно-прикладных задач, связанных с развитием конкретных электростанций и территориальных энергосистем.

В заключении обобщены научные и практические результаты работы, полученные в ходе диссертационного исследования.

Научная новизна исследования

Научная новизна диссертационной работы заключается в решении комплексной научной проблемы развития региональной энергетике с разработкой взаимосвязанных методических подходов, теоретических положений, математических моделей для исследования двухтопливных парогазовых установок в условиях регионального топливно-энергетического баланса, направленные на повышение эффективности и развитие двухтопливных парогазовых технологий в региональной энергетике, в частности:

1. Разработаны теоретические положения оценки энергетической эффективности двухтопливных парогазовых установок, заключающиеся в сравнении газотурбинной и паротурбинной установок с объединенной из них парогазовой установкой. Предложенный подход позволяет определять область достижимых значений эффективности для современного уровня развития технических решений, при этом учитывается модернизационный потенциал действующих или возможность создания новых и перспективных установок.

2. Развита комплексный подход к оптимизационному исследованию перспективных технологий на примере двухтопливных ПГУ, который позволяет выполнять схемно-параметрическую оптимизацию, определять эксергетическую и технико-экономическую эффективность установок, внедряемых в региональную энергетике с учетом системных ограничений и неопределенности исходной информации. При этом внутренними ограничениями выступают начальные параметры энергоблока, режимные факторы технологических процессов, конструктивные особенности оборудования, а внешними - условия приведения расчетных вариантов к сопоставимому виду, учитывающие влияние экологических, социальных, инфраструктурных факторов.

3. Предложена методика ретроспективного анализа для различных сегментов рынка энергетического машиностроения, основанная на учете фактических данных за предшествующий период с определением аппроксимирующих зависимостей разного вида и коэффициентов аппроксимации по достоверным статистическим данным за рассматриваемый период, для формирования среднесрочного прогноза развития рынка энергооборудования в РФ. Показано, что рынок газотурбинного и паротурбинного машиностроения растет и на ближайшую перспективу ожидается положительная динамика.

4. Разработаны методологические основы оценки и исследования эффективности двухтопливных парогазовых установок в условиях изменения цен на топливо для определения зоны конкурентоспособности рассматриваемых технологий.

5. Разработаны рекомендации по обоснованию рациональной доли мощностей ПГУ с оценкой количественных значений объемов внедрения ПГУ в региональной энергетике с учетом топливно-энергетического баланса.

Практическая значимость и реализация результатов

Практическая значимость работы Боруш О. В. заключается в следующем:

1. Разработаны методические рекомендации, которые позволяют осуществлять выбор наиболее эффективных параметров двухтопливных ПГУ при проектировании новых или модернизации существующих установок.

2. Рассчитанные технико-экономические показатели двухтопливных ПГУ ТЭС и обоснованные автором технические решения могут служить информационной базой для обоснования рациональных областей их использования в региональной энергетике.

3. На основе разработанных моделей и методов предложены варианты решения прикладных задач развития энергетики региона, которые используются в инжиниринговых и исследовательских организациях.

4. Основные результаты, полученные в диссертационной работе, использованы при реализации стратегической программы развития НГТУ, в виде практических разработок в ООО «КОТЭС Инжиниринг» (г. Новосибирск), а также в учебном процессе Новосибирского государственного технического университета.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций

Обоснованность и достоверность результатов работы подтверждается полнотой и обстоятельностью анализа современного состояния исследований в предметной области по теме диссертационного исследования, корректностью постановки задач, а также использованием фундаментальных закономерностей и методах, апробированных и хорошо себя зарекомендовавших. Основные теоретические положения и выводы подтверждены фактическими опытом проектирования в инжиниринговых компаниях, апробацией основных положений работы на международном и всероссийском уровне.

Соответствие критериям, которым должна отвечать диссертация на соискание учёных степеней

Диссертационная работа Боруш О. В. отвечает критериям, установленным в «Положении о присуждении учёных степеней», утверждённом Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842 (ред. от 01.10.2018).

В диссертации соблюдены следующие соответствия критериям, установленным в положении п. 9-14.

Диссертация является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны теоретические положения, которые можно квалифицировать как решение научной проблемы, имеющей важное хозяйственное значение для развития энергетической отрасли страны.

Диссертация написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выносимые для защиты, что свидетельствует о личном вкладе автора в науку.

В диссертации приведены сведения о практическом использовании научных результатов, полученных в работе. Предложенные автором диссертации решения в достаточной степени аргументированы.

Основные научные результаты диссертации опубликованы в 47 печатных изданиях, из которых 13 входят в перечень ведущих рецензируемых изданий, утверждённых ВАК РФ, 4 свидетельства о регистрации программ для ЭВМ, 1 монография, 6 статей в журналах и материалах конференций, входящих в международные наукометрические базы *Scopus* и *WoS*.

В диссертации выполнены ссылки на автора, а также источник заимствования материалов или отдельных результатов, кроме того, отмечены результаты использования научных работ, выполненных соискателем лично или в соавторстве.

В целом, работа О.В. Боруш вносит весомый вклад в исследования перспектив применения двухтопливных технологий в энергетике. Она будет весьма полезной как при прогнозировании и проектировании энергетических систем страны и регионов, так и при выборе конкретных технологий.

При общей высокой оценке рецензируемой работы, представляется желательным отметить и некоторые недостатки, устранение которых в дальнейших исследованиях способствовало бы повышению ее эффективности.

Основные вопросы и замечания по работе.

-Во введении автор при конкретизации исследований применительно к региональным энергетическим системам, не приводит основные факторы, которые при этом учитываются. Обусловлено ли это особенностями условий внедрения технологий, их масштабом и т.д. Это относится и к автореферату. Следовало бы обозначить эти факторы.

- Одним из основных выводов по первой главе является вывод о том, что при вводе новых мощностей ТЭС на новых площадках происходит резкое (2-5 раз) увеличение затрат в системы, связанные с выполнением экологических ограничений энергетических источников. Чем обусловлен

такой высокий рост затрат в указанные системы, по сравнению со строительством ТЭС на старых площадках?

- Во второй главе, при разработке математической модели ретроспективного анализа рынка энергетического машиностроения следовало бы учесть ограничения на масштабы установленных мощностей оборудования. Так как это является важной составляющей для прогноза энергетического рынка.

- Энерго-экономический подход автора основан на методике сопоставления экономической эффективности, базирующейся на приведенных затратах. В современных условиях более обосновано использовать критерии, учитывающие условия рынка и инвестиций, как чистая дисконтированная стоимость и внутренняя норма возврата инвестиций. Предполагается ли в развитии работы переход к рыночным критериям.

- Имеется ли у автора методика для определения конструктивных характеристик элементов технологической схемы в зависимости от их производительности.

- В табл. 3.3 диссертации и табл. 4 автореферата приведены КПД нетто для варианта двухтопливной ПГУ с давлением острого пара 30 и 24 МПа практически равные. Чем это обусловлено? Ограничениями на допустимые температуры металлов?

- Не ясно, каким образом при оптимизации параметров учитываются ограничения в форме неравенств, например, ограничение на максимальные температуры труб теплообменных поверхностей, особенно при рассмотрении установок на сверх- и суперкритические параметры пара.

- Как осуществляется учет экологических ограничений при оптимизации параметров рассматриваемых энергетических установок?

- Следовало бы привести сопоставление стоимости единицы энергии угля и природного газа, который будет замещать уголь, для региональных условий.

Указанные замечания не снижают общей высокой оценки научной и практической значимости диссертации.

Автор владеет современным математическим аппаратом для решения оптимизационных задач и в некоторых случаях развивает традиционные подходы. Диссертация прекрасно оформлена и написана ясным и четким языком. Замечания, приведенные по ходу отзыва, либо сами по себе дискуссионные, либо носят характер пожеланий и не снижают уровня диссертации.

Заключение

Диссертационная работа Боруш О. В. на тему «Эффективность двухтопливных парогазовых установок в условиях регионального топливно-энергетического баланса» представляет собой завершённую научно-исследовательскую работу, выполненную на актуальную тему.

Содержание автореферата полностью соответствует содержанию

диссертации и отражает основные результаты, полученные в процессе её выполнения.

Диссертация обладает научной новизной и является научно-квалификационной работой, содержащей на основании выполненных автором исследований в области двухтопливных парогазовых установок разработанные теоретические положения, совокупность которых можно квалифицировать как решение научной проблемы, имеющей важное хозяйственное значение для развития энергетической отрасли страны.

Содержание диссертации соответствует её названию и сформулированным задачам, а также паспорту научной специальности 05.14.14 – «Тепловые электрические станции, их энергетические системы и агрегаты».

По своей актуальности, степени научной новизны, теоретической и практической значимости, а также уровню и целостности, полученных результатов, работа удовлетворяет критериям п. 9-14 «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённом Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842 (ред. от 01.10.2018), предъявляемых к докторским диссертациям, а её автор **Боруш Олеся Владимировна** заслуживает присуждения учёной степени доктора технических наук по специальности 05.14.14 – «Тепловые электрические станции, их энергетические системы и агрегаты».

Официальный оппонент,
доктор технических наук, доцент,
ведущий научный сотрудник лаборатории
исследования энергетических установок
отдела теплосиловых систем
ФГБУН Института систем энергетики
им. Л.А. Мелентьева СО РАН

Тюрина Элина Александровна

Дата: « 11 » ноября 2019 г.

Подпись Тюриной Э.А. удостоверяю:

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева Сибирского отделения Российской академии наук. Сокращенное название организации: (ИСЭМ СО РАН).

664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова, д. 130.

Телефон рабочий: +7 (3952) 500-646(328).

e-mail: tyurina@isem.irk.ru

*Доступна в Совет 5.12.19
Уд. секр. Ступиц / Мелентьев В.В.*

*С отзывом ознакомлена
06.12.2019 Ву / Боруш*

Тюриной Э.А. заверяю
Тюриной Э.А. ИСЭМ СО РАН
Таврова Г.Ч.
расшифровка подписи
11 2019 г.