


«УТВЕРЖДАЮ»
Первый заместитель генерального
директора –  координатор
ОАО «ВТИ»
д.т.н. Тумановский А.
_____ 19 мая 2016 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации
ОАО «Всероссийский дважды ордена Трудового Красного Знамени
теплотехнический научно-исследовательский институт»
(ОАО «ВТИ»)

на диссертацию Волковой Юлии Владимировны
«Разработка адаптированной к инженерной практике методики расчета
энергетических характеристик установок с твердооксидными топливными
элементами», представленную на соискание ученой степени кандидата
технических наук по специальности
05.14.04 - «Промышленная теплоэнергетика»

I. Актуальность темы диссертации

Электрохимическое преобразование топлива в топливных элементах позволяет получить достаточно высокий КПД до 70% и экологически чистый состав продуктов реакции (пары воды, азот, углекислый газ). Для энергетических установок, применяемых в стационарной распределенной промышленной теплоэнергетике и ЖКХ, наиболее удобными являются твердооксидные топливные элементы (ТОТЭ), так как в них в качестве окислителя можно использовать воздух, а в качестве топлива синтез-газ.

Одна из основных задач при разработке и эксплуатации энергетических установок на ТОТЭ – это выявление зависимостей и расчет основных параметров, таких как ЭДС, мощность, КПД, плотность тока и т.д. Все перечисленные параметры в той или иной степени зависят от состава газа, выходящего из риформера. Многие исследователи используют для расчета специализированное программное обеспечение, кроме того можно использовать и известные методы расчета, например, на основе баланса компонентов и уравнений констант равновесия. Но при разработке установки

на ТОТЭ и ее системы управления необходимо использовать методики, адаптированные к инженерной практике, которые позволят провести анализ работы оборудования, уменьшить отклик системы и повысить надежность оборудования. Используемые для этого методики, не могут быть применимы в установках на твердооксидных топливных элементах в связи с тем, что они разработаны для научно-теоретических расчетов и снижают быстродействие системы управления при программировании контролеров.

Результаты диссертационной работы соответствуют приоритетным направлениями развития науки, технологий и техники РФ (Энергоэффективность, энергосбережение, ядерная энергетика) и перечню критических технологий РФ (Технологии новых и возобновляемых источников энергии; Технологии энергоэффективного производства и преобразования энергии на органическом топливе).

Работа в целом является актуальной.

2. Научная новизна основных положений диссертации

2.1. Подтверждена возможность устойчивой работы воздушного риформера природного газа с катализатором на основе никеля после краткосрочного прохождения зоны сажеобразования, оформлены рекомендации для инженерной практики в области обеспечения безопасной работы оборудования в таких условиях.

2.2. Получена аналитическая зависимость теплоты реакции парового и воздушного риформинга от коэффициента подачи воздуха и водяного пара, соответственно.

2.3. Определены влияние степени рециркуляции на ЭДС топливного элемента и степень рециркуляции обеспечивающая протекание реакций в риформере с отсутствием сажеобразования. Выданы рекомендации для обеспечения работоспособности установок на ТОТЭ рециркуляцией анодных газов.

2.4. Предложена адаптированная к инженерной практике методика расчета основных энергетических характеристик установок на

твердооксидных топливных элементах с паровым и воздушным риформером, а также при рециркуляции анодных газов.

3. Обоснование и достоверность основных выводов и результатов работы

Обеспечивается применением современного оборудования для исследования состава газов, воспроизводимостью результатов измерений и сопоставлением полученных результатов с результатами известных методик описанных в литературе, а также сопоставлением численных оценок с результатами физического эксперимента. Основные результаты исследований, приведенные в диссертационной работе, докладывались на 9 научно-технических конференциях.

4. Практическая ценность полученных результатов

4.1. Предложенная адаптированная к инженерной практике методика расчета основных энергетических параметров позволяет при использовании в разработке энергетической установки на ТОТЭ повысить ее быстродействие.

4.2. Результаты расчетно-теоретических исследований с проведенными режимными испытаниями позволяют осуществлять безопасную работу энергетических установок на базе ТОТЭ с воздушным риформером вблизи зоны сажеобразования.

3. Разработанная адаптированная к инженерной практике методика позволяет выполнять прогнозирование необходимых параметров при разработке и проектировании установок с ТОТЭ различной мощности с достаточной для практики точностью.

5. Оценка содержания диссертации, ее завершенность

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, перечня условных обозначений, списка литературы и двух приложений. Весь материал изложен на 141 страницах, содержит 61 рисунок, 128 формул, 15 таблиц.

Во введении определены актуальность темы, охарактеризована степень ее разработки в России и в мировом сообществе, сформулированы цели

исследования, его новизна, основные положения, выносимые на защиту и методология.

В первой главе описан уровень разработок энергетических установок в России и мире, рассмотрен механизм работы твердооксидного топливного элемента, основные виды потерь при его работе. Описаны материалы, которые применяются для изготовления единичных топливных элементов, их конструкции, способы соединения в батареи для получения необходимой мощности. Приведены несколько наиболее распространенных типов схем энергетических установок на ТОТЭ: с паровым риформером, воздушным риформером, с рециркуляцией анодными газами и особенности эксплуатации энергетических установок с такими схемами, указано основное входящее оборудование. Приведен анализ методов расчета равновесного состава продуктов неполного сгорания: основанный на уравнениях баланса компонентов и уравнений констант равновесия реакций, аналитическое решение данной системы уравнений предложенное Баскаковым А.П. и метод основанный на уравнениях констант равновесия разработанный Лейбуш А.Г. Рассмотрены коммерческие и бесплатные программы для расчета равновесного состава, такие как FactSage, Aspen Plus, HSC Chemistry, Gaseq. Описаны достоинства и ограничения методик расчета и программного обеспечения. Описаны несколько способов расчета границы сажеобразования: при помощи формулы предложенной Баскаковым А.П.; методики, описанной П. ван ден Оостеркампом и др. и с использованием программы FactSage 5.4.1, описаны особенности и ограничения их применения применительно к расчету границы сажеобразования.

Во главе 2 приведена адаптированная к инженерной практике методика расчета равновесного состава для воздушного, парового риформинга, батарей ТОТЭ и при рециркуляции анодных газов. Также приведена методика расчета коэффициента подачи воздуха на границе сажеобразования, получена зависимость ЭДС от степени подачи воздуха в риформер, выполнен анализ зависимости ЭДС от степени рециркуляции анодных газов. На основе

адаптированной к инженерной практике методики получена зависимость теплоты реакции парового и воздушного риформинга от коэффициента подачи воздуха и водяного пара, соответственно.

В третьей главе приведены описания схем стендов для проведения экспериментов с воздушным риформером, методика испытаний, полученные результаты, а также математическая модель модуля воздушный риформер/каталитическая горелка/ теплообменник.

В четвертой главе приведена методика, цель и задачи проведения режимных испытаний энергетической установки на ТОТЭ с паровым риформером, мощностью 5 кВт. Результаты проведенных испытаний и математическая модель расчета характеристик энергетической установки на ТОТЭ, сравнение экспериментальных и расчетных данных.

Автореферат полностью соответствует содержанию работы. Текст диссертации аккуратно оформлен, приведенный графический материал достаточно полно иллюстрирует изложение.

Представленная на защиту диссертация является самостоятельной, завершенной работой, которая отвечает требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук

6. Апробация результатов работы

Основные результаты диссертации опубликованы в 17 статьях, из них 5 – в рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК, получено 7 патентов РФ на полезные модели, издано одно учебное пособие с ГРИФом УМО. В опубликованных материалах достаточно полно отражены основные результаты диссертационной работы. Результаты работы докладывались на многочисленных конференциях, включая крупные международные форумы.

7. Замечания по работе

7.1 Эксперименты проводились при стационарных условиях, было бы интересно посмотреть работу установки при переходных режимах.

7.2 Температура газа на выходе из риформера была около 700°C, не указано с какой погрешностью она измерялась при значительном влиянии излучения.

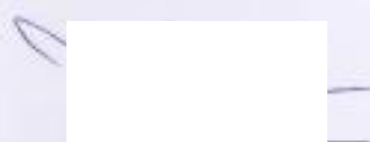
8. Заключение по диссертации

Указанные замечания не снижают общего благоприятного впечатления о работе как о целостном исследовании характеристик энергетических установок на твердооксидных топливных элементах с паровым, воздушным риформером и рециркуляцией анодных газов.

Считаем, что кандидатская диссертация Волковой Юлии Владимировны «Разработка адаптированной к инженерной практике методики расчета энергетических характеристик установок с твердооксидными топливными элементами», представляет собой научно-квалификационную работу на актуальную тему и соответствует критериям п.п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присвоения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.04 - «Промышленная теплоэнергетика».

Отзыв на диссертацию и автореферат подготовлен в физико-техническом отделении ОАО «ВТИ», рассмотрен и утвержден на совместном научно-техническом совете отделения парогенераторов и топочных устройств и физико-техническом отделении ОАО «ВТИ» 15 ноября 2016 г., протокол № 11.

Заведующий отделением
парогенераторов и топочных
устройств, д.т.н.



Тугов Андрей
Николаевич
(499) 6751795
boiler@vti.ru

Заведующий физико-техническим
отделением, к.т.н.



Туркин Анатолий
Васильевич,
(495) 675-40-82

Адрес ОАО «ВТИ»: 115280, Москва, Автозаводская ул., д. 14
www.vti.ru; e-mail: vti@vti.ru, тел. (495) 2347630