

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

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».

Актуальность темы диссертационной работы обусловлена растущим интересом промышленности и энергетики в экологически безопасных, эффективных источниках энергии, какими являются твердооксидные топливные элементы (ТОТЭ). Развитие единичных ТОТЭ и батарей на их основе сегодня достигло уже достаточно высокого уровня. Однако для их широкого применения необходимы инструменты, позволяющие развивать их опытно-промышленное и промышленное изготовление, обеспечивать повышение маневренности и надежности, а также снижение стоимости установок. Таким инструментом является разработанная адаптированная к инженерной практике методика расчета энергетических характеристик установок с твердооксидными топливными элементами.

В диссертационной работе Ю.В. Волковой получены следующие результаты, обладающие **научной новизной**:

Разработана адаптированная к инженерной практике методика расчета характеристик энергетических установок на твердооксидных топливных элементах с паровым, воздушным риформером и рециркуляцией анодных газов.

Подтверждена возможность устойчивой работы воздушного риформера природного газа с катализатором из никеля после краткосрочного прохождения зоны сажеобразования.

Получены аналитические зависимости теплоты реакции паровой и воздушной конверсии от коэффициента подачи воздуха и водяного пара, а также новые экспериментальные данные о зависимости состава синтез-газа после риформинга от степени подачи воздуха.

Определено влияние степени рециркуляции анодных газов на ЭДС твердооксидного топливного элемента.

Полученные в диссертационной работе Ю.В. Волковой результаты обладают **практической значимостью**, поскольку позволяют: повысить быстродействие энергетических установок на основе ТОТЭ путем внедрения методик расчета энергетических параметров в систему управления; осуществлять безопасную работу вблизи зон сажеобразования; прогнозировать параметры установок при их расчете и проектировании.

Материалы, изложенные в работе, прошли **достаточную апробацию** на конференциях различного уровня. Они опубликованы в открытой печати, в том числе в четырех изданиях, рекомендованных ВАК. На результаты научно-исследовательской деятельности зарегистрировано 7 патентов на полезные модели. Кроме того, они использованы при создании энергетических установок на основе ТОТЭ, что подтверждается справками о внедрении результатов работы на двух промышленных предприятиях.

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.

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. Диссертация является завершенным научным трудом, сделанные в ней выводы научно обоснованы.

Во введении определены актуальность темы диссертации, охарактеризована степень ее разработки в России и в мире, сформулированы цели исследования, его новизна, основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе описан уровень разработок энергетических установок на основе ТОТЭ в России и мире, рассмотрен механизм работы ТОТЭ, основные виды потерь при его работе. Приведен анализ методов расчета равновесного состава продуктов неполного сгорания природного газа. Рассмотрен метод, основанный на уравнениях баланса компонентов и уравнений констант

равновесия реакций (аналитическое решение данной системы уравнений предложено Баскаковым А.П.) и метод, основанный на уравнениях констант равновесия, разработанный Лейбуш А.Г. Рассмотрены существующие программы для расчета равновесного состава продуктов сгорания. Описаны достоинства и ограничения методик расчета и программного обеспечения.

Во второй главе приведена и обоснована разработанная автором методика расчета равновесного состава продуктов реакции для воздушного, парового риформинга батарей ТОТЭ и при рециркуляции анодных газов. Методика адаптирована к инженерной практике. На основе указанной методики получена зависимость теплоты реакции парового и воздушного риформинга от коэффициентов подачи воздуха и водяного пара.

В главе 3 приведены описания схем лабораторных установок для проведения экспериментов с воздушным риформером, методика испытаний, полученные результаты, а также математическая модель модуля воздушный риформер/ каталитическая горелка/ теплообменник. Экспериментально показано, что краткосрочное прохождение зоны сажеобразования с катализатором из никеля может быть безопасным для установки, поскольку при увеличении коэффициента подачи воздуха в риформере происходит восстановление катализатора вследствие реакции твердого углерода с кислородом.

В главе 4 описана методика, цель и задачи проведения режимных испытаний энергетической установки на ТОТЭ с паровым риформером, мощностью 5 кВт. Приведены результаты проведенных испытаний и математическая модель расчета характеристик энергетической установки на ТОТЭ. Сопоставление экспериментальных и расчетных данных показало их удовлетворительную сходимость.

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

По представленным материалам диссертации и автореферата имеются следующие **замечания**:

1. Название диссертации не в полной мере отражает объем проведенных исследований и полученных автором результатов. Последние

заметно шире и не исчерпываются только разработкой методики расчета энергетических характеристик установок с твердооксидными топливными элементами. В диссертации также представлены другие значимые научные результаты, такие как определение границ сажеобразования в процессах риформинга, новые экспериментальные данные о зависимости состава синтез-газа после риформинга от степени подачи воздуха и др.

2. Диссертация по своей тематике соответствует специальности 05.14.04 «Промышленная теплоэнергетика», однако в тексте диссертации нужно было бы уделить большее внимание описанию возможностей и перспектив применения полученных результатов в нефтегазовой и других отраслях промышленности.

3. Значительная часть научных результатов получена в ходе проведенных автором экспериментов (главы 3 и 4), однако в диссертации при описании экспериментальных данных представлена только оценка погрешностей первичных преобразователей, например, нет учета погрешностей, связанных с термопарными проводами, погрешности регистрирующих приборов.

4. В тексте отсутствуют геометрические характеристики теплообменных поверхностей при моделировании процессов в теплообменниках, а также не указаны диапазоны чисел Рейнольдса потоков теплоносителей, что не позволяет судить о степени применимости приведенных в модели формул для расчета коэффициентов теплоотдачи.

5. В тексте диссертации и автореферата содержатся некоторые опечатки и неточности. Так, количество статей по теме диссертации, указанное в разделе «Публикации» введения диссертации составляет 17, тогда как в списке публикаций, приведенных в автореферате, указано 13 научных работ и патентов, на стр.33 диссертации приведена константа равновесия реакции, определяемая по формуле (1.6), а не (1.5), как указано в тексте и др.

Замечания не снижают научной и практической значимости диссертационной работы и не ставят под сомнение основные результаты и выводы, полученные автором.

Заключение.

Диссертация Ю.В. Волковой является самостоятельной завершенной научно-квалификационной работой, в которой решена важная научно-техническая задача создания адаптированной к инженерной практике методики расчета энергетических характеристик установок с твердооксидными топливными элементами.

Считаю, что диссертационная работа Волковой Юлии Владимировны "Разработка адаптированной к инженерной практике методики расчета энергетических характеристик установок с твердооксидными топливными элементами" полностью соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года №842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.04 – «Промышленная теплоэнергетика».

Заведующий кафедрой
«Тепломассообменные процессы и установки»
ФГБОУ ВО «Национальный
исследовательский университет «МЭИ»
д.т.н., профессор

Гаряев Андрей Борисович
02 декабря 2016 г.

Почтовый адрес:
111250, Москва, ул. Красноказарменная,
д. 14, ауд. В-104
GariayevAB@mpei.ru
тел. +7 (495) 362-71-49

Подпись А.Б. Гаряева удостоверяю
Ученый секретарь Ученого совета
ФГБОУ



Кузовлев Игорь Валентинович
02 декабря 2016 г.