

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

Тугова Андрея Николаевича

на диссертацию Абаимова Николая Анатольевича

«Интенсификация термохимических процессов поточной воздушной газификации угля применительно к энергетике»,
представленную на соискание ученой степени
кандидата технических наук по специальности
«01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника».

1. Актуальность работы

Для дальнейшего широкого использования угля в энергетике необходимо разработка высокоэффективных и экологически безопасных технологий, конкурирующих по степени воздействия на окружающую среду и климат с газовым топливом и возобновляемыми источниками энергии. Конверсия угля в парогазовых установках с внутрицикловой газификацией (ПГУ-ВЦГ) является одной из таких перспективных технологий. Рассматриваемый в диссертации поточный газификатор твёрдого топлива, являющийся ключевым элементом ПГУ-ВЦГ, во многом определяет эффективность и экологичность этой технологии. В работе наряду с традиционной целью: поднятия химического КПД (теплоты сгорания синтез-газа), решается также вопрос улучшения ключевого экологического показателя работы ПГУ-ВЦГ - отношения H_2/CO в синтез-газе. Одновременное решение этих двух вопросов является актуальной и нетривиальной задачей, с которой диссертант успешно справился путем удачной комбинации экспериментальных и расчётных методов исследования.

Актуальность исследования подтверждается также и тем, что его тема соответствует Приоритетным направлениям развития науки, технологий и техники РФ (п. 08 - Энергоэффективность, энергосбережение, ядерная энергетика) и Перечню критических технологий РФ (п. 27 - Технологии

энергоэффективного производства и преобразования энергии на органическом топливе).

2. Содержание работы

Диссертация изложена на 194 страницах, содержит 5 глав, 59 рисунков и 24 таблицы, а также ссылки на 231 литературный источник. Содержание автореферата диссертации соответствует содержанию рукописи.

Во введении диссертации приведены актуальность темы исследования; степень ее проработанности; цели и задачи; научная новизна; теоретическая и практическая значимость работы; методология и методы исследования; положения, выносимые на защиту; степень достоверности и апробации результатов, а также другие сведения.

В первой главе работы на основании выполненного анализа научно-технической информации определены основные способы интенсификации термохимических процессов, происходящих при воздушной поточной газификации угля. Выбраны экспериментальные установки и расчётные методы для оценки возможности и целесообразности их применимости. Сформулированы основные задачи исследования.

Во второй главе рассмотрены конструкции и принципы работы трех экспериментальных установок (одна в ЦКТИ (Санкт-Петербург) и две в ИТ (Новосибирск)), на которых выполнялись экспериментальные исследования способов интенсификации термохимических процессов воздушной поточной газификации угля. (На каждой конкретной установке производилась оценка влияния конкретного, характерного для данной установки набора способов интенсификации).

В третьей главе приведено описание нульмерной термодинамической модели и разработанной CFD-модели. Термодинамическое моделирование равновесного состава продуктов реагирования выполнено с помощью метода максимизации энтропии (экстремальный принцип максимальной скорости порождения энтропии). Разработанная CFD-модель состоит из ряда взаимосвязанных подмоделей. Адаптация и верификация этой модели

заключалась в подборе наиболее адекватной для вихревого режима течения подмодели турбулентности, применении кинетических констант используемых углей, настройке и отработке модели в целом.

В четвёртой главе приведён анализ полученных экспериментальных данных с помощью термодинамической модели и адаптированной CFD-модели. Подробно рассмотрено, как решены задачи, поставленные перед каждой экспериментальной установкой. Экспериментальные результаты проанализированы и дополнены с использованием расчётных методик.

В пятой главе выполнена оценка способов интенсификации термохимических процессов в промышленном газификаторе с помощью многовариантного CFD-моделирования работы двухступенчатого воздушного поточного газификатора МНІ с расходом топлива 1700 т/сут. Предложен комплексный способ интенсификации термохимических процессов поточной газификации, позволяющий повысить теплоту сгорания синтез-газа и получить синтез-газ с максимальным отношением H_2/CO в нём. Проведен анализ чувствительности теплоты сгорания синтез-газа и отношения H_2/CO на изменение факторов, влияющих на протекание термохимических процессов.

В заключении приводятся основные выводы работы, а также перспективы дальнейшей разработки темы.

3. Научная новизна

Научная новизна данной диссертационной работы заключается в следующем:

- 1) Получены экспериментальные данные на трёх различных стендовых установках по влиянию способов интенсификации термохимических процессов воздушной поточной газификации угля на теплоту сгорания синтез-газа и отношение H_2/CO в нём.
- 2) Адаптирована и верифицирована по литературным и полученным экспериментальным данным CFD-модель поточной воздушной газификации,

включающая в себя подмодели, необходимые для исследования способов интенсификации газификации угля.

3) С использованием адаптированной CFD-модели исследована эффективность применения способов интенсификации термохимических процессов воздушной поточной газификации угля, происходящей в промышленном газификаторе. Определена чувствительность теплоты сгорания синтез-газа и отношения H_2/CO в нём к способам интенсификации термохимических процессов воздушной поточной газификации угля. Предложен комплексный способ интенсификации термохимических процессов.

4. Практическая значимость

Практическая значимость работы выражается в том, что адаптированная CFD-модель поточной газификации может использоваться для исследования поточной воздушной газификации твёрдого топлива в достаточно широком диапазоне рабочих параметров, а также для разработки поточных газификаторов твёрдого топлива разного масштаба и режимов работы. Экспериментальные результаты работы вносят свой вклад в понимание воздействия способов интенсификации термохимических процессов поточной газификации угля на основные параметры работы установок. С использованием экспериментальных результатов работы возможно проводить верификацию разномерных моделей поточной газификации твёрдого топлива. Полученные значения чувствительностей основных параметров работы промышленного газификатора к способам интенсификации термохимических процессов целесообразно использовать при модернизации конструкции или режима работы полномасштабных газификаторов твёрдого топлива.

Значимость работы подтверждается использованием её результатов в грантах Федеральной целевой программы, Российского фонда фундаментальных исследований и Российского научного фонда, а также тем, что часть результатов внедрена и используется в НПО ЦКТИ, Институте

теплофизики СО РАН, Сибирском федеральном университете и на кафедре ТЭС УрФУ.

5. Достоверность результатов

Обоснованность выводов и научных положений, а также достоверность полученных результатов не вызывает сомнений. Основные научные положения диссертационной работы базируются на экспериментальных данных и общепринятых теоретических подходах, характерных для этого направления теплотехники. При проведении экспериментальных исследований использовались апробированные методики измерений и метрологически поверенные приборы. Полученные экспериментальные результаты согласуются с литературными данными. Термодинамическое моделирование равновесного состава продуктов реагирования выполнено с помощью метода максимизации энтропии, который основан на фундаментальных законах термодинамики и неоднократно верифицировался в литературе при решении задач такого рода. Адаптированная CFD-модель включает в себя подмодели, необходимые для исследования способов интенсификации термохимических процессов, происходящих при воздушной поточной газификации угля. Верификация модели проведена с использованием как собственных экспериментальных результатов, так и литературных данных.

6. Замечания и вопросы:

1) В работе следовало бы привести данные по количеству (динамике ввода в эксплуатацию) промышленных газогенераторов, находящихся в работе в настоящее время за рубежом.

2) В р. 2.1 нет сведений, сколько подавалось воды (квенчинг) и подавалось ли она вообще в опытах на установке ЦКТИ. Соответствует ли количеству, указанному на с. 104: «... в количестве 0,3 кг на 1 кг топлива...»?

3) На с. 39 диссертации говорится, что «после улитки потоки попадают в реакционную камеру с внутренним диаметром 0,315 м ...». В автореферате в таблице 1, с.10 указан размер 0,32 м. Какой на самом деле?

4) В автореферате сообщается, что : «CFD-модель верифицирована с использованием экспериментальных данных, полученных на двух газификаторах с расходом топлива 2 т/сут (Watanabe H., 2006) и 1700 т/сут (Hashimoto T., 2009)». На с. 65 отсутствуют ссылки на эти источники.

5) На с. 73. сказано: «При работе установки на кислородном дутье используется прямоточная форсунка...». Какое отношение кислородная газификация имеет к теме диссертации?

6) В разделе 4.2 отсутствует рис. 5,б из автореферата. Почему?

7) Во второй серии экспериментов на газификаторе ИТ СО РАН мощностью 1 МВт использовался Переяславский бурый уголь с влажностью 28,6 %. На с. 62 в модели горения и газификации угольных частиц принято допущение, что сушка происходит мгновенно. Такое допущение не вносит серьезную погрешность при газификации каменных низковлажных углей. Применима ли разработанная CFD-модель для Переяславского бурого угля и проводилась ли ее адаптация применительно к данному углю?

Приведённые вопросы и замечания не влияют на основные результаты, полученные в данной работе, и не снижают её научной и практической значимости. Работа носит завершённый характер.

Результаты работы достаточно полно опубликованы в профессиональных изданиях (в том числе из перечня ВАК) и представлены на профильных конференциях. Автореферат соответствует содержанию диссертации.

Тема диссертации полностью соответствует паспорту специальности 01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника (по части формулы специальности: «численное и натурное моделирование теплофизических процессов в природе, технике и эксперименте»; области исследований: «экспериментальные и теоретические исследования процессов взаимодействия интенсивных потоков энергии с веществом»), так как в диссертации приведены результаты экспериментальных и теоретических исследований процессов тепломассопереноса в условиях фазовых

превращений и химического реагирования при газификации углей. По отрасли наук работа соответствует требованиям, предъявляемым к работам на соискание ученой степени кандидата технических наук, так как она направлена на исследование способов интенсификации термохимических процессов, происходящих при воздушной поточной газификации угля.

7. Заключение

Диссертация Абаимова Н.А. «Интенсификация термохимических процессов поточной воздушной газификации угля применительно к энергетике» отвечает требованиям ВАК РФ (п. 9 Положения о присуждении ученых степеней), а автор диссертационного исследования заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника.

Официальный оппонент

доктор технических наук (05.14.14 - Тепловые электрические станции, их энергетические системы и агрегаты), старший научный сотрудник, ОАО «Всероссийский дважды ордена Трудового Красного Знамени теплотехнический научно-исследовательский институт», заведующий отделением парогенераторов и топочных устройств;

115280, г. Москва, ул. Автозаводская, д. 14

e-mail: ANTugov@vti.ru

тел. 8 (495) 137-77-70, доб. 20-34

Тугов Андрей Николаевич

06.05.2019

Подпись д.т.н., заведующего отделением Тугова А.Н. заверяю:

Руководитель отдела

по управлению персоналом

Орлова Елена Игоревна

