

ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертацию Каграманова Юрия Александровича «Экспериментальное и численное моделирование механизма и процесса сухой сероочистки угольного синтез-газа в парогазовой установке», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.3.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника.

Актуальность темы диссертации

В последние годы становится очевидным, что важной проблемой мирового сообщества в двадцать первом веке будет проблема энергетической безопасности. Особенно наглядно трудности решения этой проблемы проявились в период 2022-2024 годов, когда выяснилось и было признано на официальном уровне политиками ЕС неспособность нетрадиционных возобновляемых источников энергии (ветрогенераторов и солнечных электростанций) в полной мере заменить традиционные источники энергии (тепловые и атомные электростанции). Оказалось, что вырабатываемая ветрогенераторами и солнечными панелями энергия не может использоваться в промышленности и на транспорте без применения мощных, надежных и пожаровзрывобезопасных накопителей электрической энергии. Но пока таких накопителей нет. Более того, нет даже научно-технической базы для их создания. Попытки создания таких электрохимических накопителей даже относительно малой энергоемкости в 2020-2021 годах не увенчались успехом (все сгорели). По этим причинам стало очевидным, что без атомной и тепловой энергетики в ближайшие 20-25 лет человечество не сможет обеспечивать свои потребности в электрической энергии. Но использование атомной энергетики во многих государствах в настоящее время запрещено на законодательном уровне, а вырабатываемая газовыми ТЭС электроэнергия становится проблемной по целому ряду политических и экономических причин. В этой связи, как ни

драматично это звучит для так называемых «зеленых» (которые, надо отметить, в последние годы себя сильно дискредитировали), угольная энергетика становится надеждой всего мирового сообщества на ближайшие десятилетия (а может и на больший срок).

Но уголь пока является самым «грязным» топливом вследствие образования при его сжигании большого числа разного рода антропогенных газообразных продуктов и летучей золы. Поэтому в последние годы достаточно интенсивно исследуются процессы сжигания угля в рамках новых технологий, обеспечивающих секвестирование антропогенных оксидов в продуктах сгорания углей (в первую очередь оксидов серы, азота и углерода).

Одной из таких технологий является газификация углей, хотя ее, объективно говоря, нельзя назвать новой (история этой технологии насчитывает многие десятилетия). Но, как правильно отмечает автор диссертации, «технологии газификации пока до конца не поняты и недооценены в области большой энергетики». Соответственно, поэтому пока трудно найти примеры реального использования таких технологий. Последнее, скорее всего, обусловлено, отсутствием общей замкнутой теории, обеспечивающей возможность прогноза характеристик процессов газификации углей, в том числе и состава конечных продуктов этого процесса. Теория же, возможно, не разработана в связи с отсутствием как экспериментальных данных, так и физических представлений о протекающем при газификации комплексе взаимосвязанных физических и химических процессов. Важное значение в этом комплексе процессов занимают процессы сероочистки угольного синтез-газа. Поэтому тема диссертации Ю.А. Каграманова, целью которой является «разработка модели физико-химических механизмов процесса сухой сероочистки синтез-газа путем объединения данных о кинетике процессов хемосорбции сероводорода и восстановления оксидов цинка в единой математической модели, а также разработка процессов и составление численной модели

системы сухой сероочистки угольного синтез-газа, расчет реактора, определение оптимальной температуры и давления сероочистки», достаточно актуальна.

Общая характеристика работы

Диссертационная работа Ю.А. Каграманова состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы и приложений. Текст рукописи изложен на 155 страницах машинописного текста, включает 58 рисунков и 31 таблицу. В список литературы включены 152 первоисточника.

Введение написано в традиционной для диссертаций форме и включает обоснование актуальности темы, описание цели, задач, научной новизны, теоретической и практической значимости работы, методов решения задач диссертации, выносимые на защиту положения, обоснование достоверности полученных результатов.

Первая глава посвящена анализу проработанной автором диссертации литературы по нескольким разделам области его исследований: циклы мокрой и сухой сероочисткой в условиях кислородной и воздушной газификации; технологии сухой сероочистки; сорбенты для сухой сероочистки на основе оксида цинка, на основе цинкоферритов и композитов на основе оксида титана; «методики расчета реакций и сопряжения с методами компьютерной газодинамики».

Во второй главе приведено описание методики экспериментальных исследований, используемого оборудования и средств регистрации параметров и характеристик исследовавшихся процессов. Также приведены результаты анализа использовавшихся сорбентов.

В третьей главе приведены описания использовавшейся автором газодинамической модели многокомпонентных потоков, кинетическая модель гетерогенных реакций. Также приведены постановки нескольких модельных задач. Описаны метод и алгоритм решения сформулированной задачи тепломассопереноса.

В четвертой главе приведены результаты основных экспериментов и

результаты решения прямой и обратной кинетических задач. Определены кинетические константы для многокомпонентной модели гетерогенных реакций. Также представлены результаты расчета «горячего» реактора с циркулирующим кипящим слоем.

Пятая глава посвящена описанию результатов расчета реактора сухой сероочистки синтез-газа для перспективной парогазовой установки с воздушной газификацией Кузнецкого каменного угля. Определены поля объемной доли твердой фазы, а также сероводорода на выходе из реактора.

В заключении приведены основные результаты и выводы диссертационного исследования Ю.А. Каграманова.

Общая методология и методика исследования

Методики исследований, использовавшиеся автором диссертации, включают эксперимент и компьютерное моделирование исследовавшихся им процессов тепломассопереноса в условиях сухой сероочистки угольно синтез-газа. Достоинством работы Ю.А. Каграманова является достаточно логичное сочетание экспериментальных и теоретических исследований рассматривавшихся физических и химических процессов. Автор диссертации применил современные средства математического и компьютерного моделирования в виде лицензированного пакета программ. При постановке математической задачи автор использовал современные представления о физике и химии процессов, протекающих при газификации углей.

Степень обоснованности и достоверности результатов, выводов и рекомендации, сформулированных в диссертации.

При проведении экспериментальных исследований по теме диссертации использовалось современное высокоточное сертифицированное оборудование. Проведено сопоставление результатов экспериментов с известными данными других авторов. Компьютерное моделирование выполнялось с использованием лицензированных пакетов.

Научная новизна полученных результатов, сформулированных выводов и защищаемых положений

Ю.А. Каграмановым получена группа результатов, соответствующих критерию новизны, что подтверждается публикациями нескольких статей в журналах, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ для публикации материалов кандидатских и докторских диссертаций. Наиболее значимыми, по мнению оппонента, являются следующие.

1. Разработана математическая модель, описывающая комплекс физических и химических процессов, протекающих при сухой сероочистке синтез-газа.

2. Проведено компьютерное моделирование процесса сухой сероочистки синтез-газа, полученного при газификации угля.

3. Экспериментально изучены процессы хемосорбции сероводорода, гетерогенные процессы восстановления оксида цинка в среде водорода монооксида углерода и метана, гомогенного восстановления порошка оксида цинка в порошке угля.

4. Разработаны методика, алгоритм и компьютерная программа для вычисления основных характеристик процесса сероочистки.

5. Получены зависимости режимных параметров сероочистки для достаточно типичных условий протекания основных физических и химических процессов в реакторе.

Практическая значимость полученных результатов

Практическая значимость результатов диссертационного исследования Ю.А. Каграманова заключается, скорее всего, в том, что разработанный им метод расчета реактора сухой сероочистки синтез-газа обеспечивает возможность с использованием результатов лабораторного определения состава синтез-газа рассчитать режимные параметры реактора сухой сероочистки синтез-газа.

Замечания по диссертационной работе

1. Имеет место несоответствие формулировки цели в рукописи и в автореферате в части «Разработка процессов и составление численной модели ...». Модели могут быть физические и математические, численных моделей не бывает. Общеприняты термины «численные методы» и «численные результаты».

2. Использование в нескольких разделах рукописи словосочетания «многофазный поток» не обосновано. Синтез-газ не является продуктом испарения угля. В составе синтез-газа также нет веществ, находящихся в двух фазовых состояниях, например, в жидком и газообразном.

3. В приведенном в третьей главе уравнении, описывающем закон сохранения массы компонентов в рассматриваемом случае, вызывают вопросы размерности нескольких слагаемых. Складывается впечатление, что они не совпадают.

Указанные замечания не снижают научной и практической ценности диссертации Ю.А. Каграманова. Диссертация представляет собой законченную научно-исследовательскую работу, выполненную на высоком научном уровне.

Материал диссертации Ю.А. Каграманова изложен последовательно и развернуто доступным и ясным для понимания языком без существенных замечаний по стилю и форме изложения, хорошо иллюстрирован.

Содержание автореферата и сформулированные в нем выводы полностью соответствуют представленным в диссертации результатам исследований. Публикации также отражают основные положения диссертации.

Заключение о соответствии диссертации критериям.

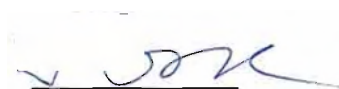
На основании анализа содержания рукописи и автореферата диссертации Ю.А. Каграманова «Экспериментальное и численное моделирование механизма и процесса сухой сероочистки угольного синтез-газа в парогазовой установке» можно сделать обоснованное заключение о ее соответствии требованиям п.9 «Положения о

присуждении ученых степеней в УрФУ», а ее автор Юрий Александрович Каграманов заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.3.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника.

Я Кузнецов Гений Владимирович, согласен на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Официальный оппонент:

Кузнецов Гений Владимирович



ПОДПИСЬ

Доктор физико-математических наук, профессор
специальность 01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника
Профессор Научно-образовательного центра И.Н. Бутакова
Инженерной школы энергетики
kuznetsovgv@tpu.ru
Тел.: 8 (3822) 60-62-48; вн. телефон: 1615.

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический
университет»
Адрес: 634050, г. Томск, пр. Ленина, д. 30,
ФГАОУ ВО НИ ТПУ, тел.: 8 (3822) 60-63-33,
tpu@tpu.ru; <http://www.tpu.ru/>
тел.: 8(3822) 60-62-48

Подпись Г.В. Кузнецова удостоверяю:

И.о. ученого секретаря Национального
исследовательского Томского
политехнического университета


Новикова В.Д.


21.02.2025