

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации **Никитина Александра Дмитриевича**  
на тему «Влияние водяного пара на физико-химические процессы  
в парогазовой установке с внутрицикловой газификацией твердого топлива»,  
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по  
специальности 01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника

Большие запасы, широкое распространение и относительно низкая стоимость угля являются объективными факторами, обуславливающими конкурентоспособность угольной энергетики. С учетом непрерывного ужесточения экологических требований перспективной технологией для выработки электрической энергии из угля является осуществляемая в парогазовых установках внутрицикловая газификация угля (ПГУ-ВЦГ), которая обладает высокой эффективностью и минимальными выбросами вредных веществ. Широкому внедрению ПГУ-ВЦГ препятствует высокая по сравнению с традиционными энергетическими технологиями стоимость вырабатываемой электроэнергии, что требует дальнейшего совершенствования технологии. В этой связи актуальность работы не вызывает сомнений.

Научная новизна работы заключается в подаче водяного пара на вход ПГУ-ВЦГ, проведении экспериментального исследования поточной паровоздушной газификации каменного угля в широком диапазоне отношений пар/уголь при постоянном времени пребывания частиц угля в реакторе. Предложена модель двухступенчатого поточного газогенератора с учетом внутреннего реагирования и изменения порядка реакции паровой газификации, проведено экспериментальное исследование термической устойчивости сорбента на основе оксида цинка для сероочистки синтез-газа, определена зависимость температуры сероочистки от добавки пара по совокупности условий термической устойчивости сорбента и остаточного содержания соединений серы в синтез-газе, выполнена количественная оценка влияния добавки водяного пара на вход в ПГУ-ВЦГ на эффективность и капитальные затраты ПГУ-ВЦГ с воздушной газификацией угля и горячей сероочисткой синтез-газа.

Теоретическая значимость работы заключается в выявлении немоного характера изменения характеристик процесса газификации твердого топлива и ПГУ-ВЦГ в целом при добавке водяного пара, и объяснении этого явления изменением порядка реакции паровой газификации. Практическая значимость работы заключается в возможности использования полученных экспериментальных данных для верификации результатов математического моделирования процессов газификации угля и горячей сероочистки синтез-газа. Полученные зависимости режимных параметров ПГУ-ВЦГ от добавки водяного пара на вход ПГУ-ВЦГ могут быть использованы при разработке перспективной ПГУ для производства электрической и тепловой энергии с высокой эффективностью и минимальными выбросами вредных веществ.

Автором работы выполнено обширное комплексное исследование, включающее проведение экспериментов по паровоздушной газификации угля в поточной установке, верификацию модели и расчет режимов паровоздушной газификации угля в промышленном двухступенчатом газогенераторе, экспериментальное исследование термической устойчивости сорбента на приборе термогравиметрического анализа, расчет предельной температуры горячей сероочистки синтез-газа с учетом кинетики термического разложения сорбента и термодинамического равновесия соединений серы, расчет цикла ПГУ-ВЦГ с применением полученных результатов по режимам газификации угля и сероочистки синтез-газа.

Вопросы и замечания по работе:

1. В расчетной схеме газогенератора (Рис.5) в кинетике процесса (Зона 3) не учтены основные реакции газификации:  $C+0,5O_2=CO$  и  $C+O_2=CO_2$ .

2. В расчетной схеме не указаны геометрические параметры газификатора (Рис. 5), а его конфигурация отличается от экспериментального газификатора (Рис.2).

3. Невысокие значения химического КПД газификации угля (23 и 43%), полученные в эксперименте при оптимальном отношении пар/топливо 0,4 кг/кг (Рис.3 б), существенно отличаются от соответствующих расчетных значений (52 и 88%) (Рис.7 а), что затрудняет верификацию расчетной модели.

4. Для большей достоверности верификации математической модели целесообразно выполнять эксперименты после расчета газификатора с использованием идентичных расчету исходных данных (геометрические параметры, конфигурация, расходы реагентов).

5. Для более полного понимания процесса воздушно-паровой газификации угля, помимо приведенных показателей, желательно приводить интегральные показатели процесса газификации: степень газификации углерода, степень обессеривания, состав получаемого горючего газа, например, как в работе [Messerle V.E., Ustimenko A.B., Lavrichshev O.A. Comparative study of coal plasma gasification: Simulation and experiment // Fuel, 2016, Volume 164, P. 172-179.].

Отмеченные вопросы и замечания ни в коей мере не снижают высокой оценки работы.

Структура и логика изложения материала являются обоснованными. Автореферат написан ясным научным языком. Результаты работы широко апробированы на Международных научных конференциях и опубликованы в рецензируемых печатных изданиях, включая патент РФ на изобретение.

Представленная работа на тему «Влияние водяного пара на физико-химические процессы в парогазовой установке с внутрицикловой газификацией твердого топлива» представляет собой завершенное квалификационное исследование, соответствует заявленной специальности 01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника в области технических наук, а также требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней в УрФУ. Автор работы, Никитин Александр Дмитриевич, несомненно, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук.

Мессерле Владимир Ефремович  
Доктор технических наук, профессор,  
Заместитель Председателя Национального Научного Совета Республики Казахстан по приоритетному направлению «Энергетика и машиностроение»,  
профессор кафедры теплофизики и технической физики физико-технического факультета, Казахского Национального Университета имени аль-Фараби,  
050040, Республика Казахстан, г. Алматы, пр. аль-Фараби, 71  
телефон +77771471301  
e-mail: ust@physics.kz

В.Е. Мессерле

Подпись В.Е. Мессерле заверяю:

С



11.05.2021

