

ЯКОВЛЕВ СЕРГЕЙ ЕВГЕНЬЕВИЧ

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГАЗИФИКАЦИИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ
АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫХ ИСТОЧНИКОВ
ЭНЕРГИИ**

6N0717 – Теплоэнергетика

Автореферат магистерской диссертации
на соискание академической степени магистра технических наук по
специальности «Теплоэнергетика»

Республика Казахстан
Усть-Каменогорск
2011

Работа выполнена в Восточно-Казахстанском государственном техническом университете им. Д. Серикбаева

Научный руководитель:

доктор технических наук,
профессор Квасов А.И.

Официальный оппонент:

доктор физико-математических
наук, профессор Курлапов Л.И.

Защита состоится 20 июня 2011г. в 9-00 на заседании Диссертационного совета для защиты магистерских диссертаций при Восточно-Казахстанском государственном техническом университете им. Д. Серикбаева по адресу: 070004, г. Усть-Каменогорск, ул. Серикбаева 19, аудитория Г1-317

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Восточно-Казахстанского государственного технического университета им. Д. Серикбаева.

Автореферат разослан «20» мая 2011 г

Ученый секретарь
Диссертационного совета

Сегеда Т.А.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования.

Республика Казахстан является одним из лидеров по добыче угля в мире. Но среди высококачественных месторождений присутствуют и низкосортные залежи углей.

Основную сложность в использовании низкокачественных видов топлив играет большой процент вредных примесей в отходящих газах и низкая теплота сгорания.

Одним из путей использования низкосортных углей является технология газификация для получения синтез-газа с очисткой от нежелательных примесей.

Цель исследования является разработка методики расчета конструктивных особенностей газификаторов и расчета характеристик получаемого топлива.

Объектом исследования является газификаторы работающие для использования отечественных виды ископаемых топлив (углей).

Методы исследования методология системных исследований в энергетике, математическое и компьютерное моделирование ПГУ.

Научная новизна и ценность работы:

- Произведено исследование физических и термодинамических свойств влияющих на процесс газификации и выход синтез-газа

- Разработана методика расчета газификатора включающая в себя расчет основных конструктивных параметров газификатора и расчет состава получаемого газа

- Составлена компьютерная программа позволяющая оптимизировать выходные параметры газа и конструктивные параметры газификатора

Положения, выносимые на защиту:

- Методика расчета основных конструктивных параметров газификатора и состава получаемого газа позволяющая оптимизировать процесс газификации для вновь проектируемых и для модернизации имеющихся объектов.

Практическая ценность состоит в том, что разработанная методика позволяет дать предварительные данные для вновь проектируемых и для модернизации имеющихся объектов. Применение газификаторов позволяет использовать низкосортные, молодые угли для получения экологически чистого высококачественного источника энергии.

Публикации. По результатам проведенных исследований опубликованы две научные статьи

1. Яковлев С.Е. Переработка твердых бытовых отходов с помощью газификации // Материалы X Республиканской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Творчество молодых – инновационному развитию Казахстана». - Усть-Каменогорск, 2010г. - С. 90 – 91;

1. Яковлев С.Е. Газификация и влияющие на нее факторы // Материалы XI Республиканской научно-технической конференции молодых ученых и студентов, посвященной 20-летию Независимости Республики Казахстан «Творчество молодых – инновационному развитию Казахстана», Усть-Каменогорск, 2011г. - С. 129 – 130.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех разделов, заключения, списка использованных источников и приложений. Основное содержание работы изложено на 90 страницах машинописного текста, иллюстрированного таблицами и рисунками.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** обоснована актуальность темы диссертации, изложена необходимость проведения данной научно-исследовательской работы.

В **первом** разделе проведен критический анализ и сведения о состоянии проблемы в настоящее время. Описана общая история развития газификации. Приведена основная классификация с достоинствами и недостатками различных видов газификаторов. На основании проведенного обзора сформулирована цель и задачи исследования.

При газификации углей основными процессами являются: возгонка летучих веществ, окисление углерода и восстановление CO_2 до CO . Различают газификацию твердого топлива с целью получения газов:

- заданной теплоты сгорания;
- заданного состава.

Существуют различные типы процессов газификации углей. Наиболее эффективным, является процесс газификации угля под давлением, позволяющий получать как среднекалорийный бытовой газ, так и газ для последующего синтеза.

Существуют различные технологии газификации углей, отличающихся различными конструктивными и принципиальными параметрами. Например, газификация с неподвижным или псевдоожиженным слоем или же с попутным потоком пылевидного топлива. Газификация проводится в специальных аппаратах – газогенераторах, которые также отличаются друг от друга в зависимости от конструкции и назначения.

При использовании воздушного дутья получается низкокалорийный газ (до 7 МДж/м³), в случае кислородного дутья – среднекалорийный газ (до 17 МДж/м³). В то время как генераторы с воздушным дутьем работают при атмосферном давлении, генераторы с кислородным дутьем работают преимущественно при повышенных давлениях, что приводит к увеличению выхода метана. Наиболее современными являются генераторы Лурги, Винклера, Копперс-Тотцека, Велман-Галуши и другие.

Газы с низшей теплотой сгорания до 30 МДж/м³ получают газификацией твердого топлива с парокислородным дутьем под высоким давлением при температуре около 1800 К и последующим метанированием и очисткой газа от нежелательных примесей.

Во **втором** разделе приведено описание схем работы основных видов газификаторов, их основные характеристики и параметры. На основе поставленных целей выбран подходящий для нашего случая газификатор.

Под газификацией угля понимают превращение угля с помощью газифицирующих агентов в смесь газов. Процесс происходит при высоких температурах для лучшего перехода горючих составляющих в газовую смесь. Целью ставят достигнуть наиболее полного перехода углерода исходного топлива в газовую составляющую.

Принципиально возможно газифицировать все угли, однако в этих процессах преимущественно используют молодые угли, от бурых до слабо спекающихся каменных. В качестве газифицирующих агентов обычно применяют воздух, кислород, водяной пар, диоксид углерода и (особенно в последнее время) водород, а также смеси этих веществ. Полученные газы содержат оксид и диоксид углерода, водород, метан, водяной пар и в виде примеси азот, который вносится с воздухом [1].

Газификатор, чаще всего, представляет собой вертикальный реактор шахтного типа периодического действия. Схема аппарата приведена на рисунке 1. Зажигание слоя угля осуществляется сверху. При определенных условиях, спустя некоторое время после зажигания, фронт горения начинает движение навстречу дутью с постоянной скоростью V_f . Этот эффект получил название “обратная тепловая волна”. Перемещение температурных и концентрационных профилей происходит изоморфно. Слой угля последовательно подвергается нагреву, сушке и пиролизу. Затем происходит окисление углерода коксового остатка. В этой зоне кислород полностью расходуется. Далее протекают восстановительные реакции углерода с водяным паром, диоксидом углерода и водородом. Обратное движение фронта горения возможно благодаря достаточно высокой теплопроводности слоя [2].



Рисунок 1 - Схема слоевого газификатора

По способу подачи газифицирующего агента и по состоянию топлива при газификации различают слоевые процессы, при которых слой кускового топлива продувается по противоточной схеме газифицирующими агентами, а также объёмные процессы, в которых большей частью по прямоточной схеме топливная пыль взаимодействует с соответствующим дутьем.

Процесс газификации угля первого поколения: Лурьги, Винклера и Копперс-Тотцека, достаточно хорошо изучены и применяются в промышленности в ряде стран для получения в основном синтез-газа и заменителя природного газа.

Большинство крупных газогенераторов на твердом топливе работают по прямому процессу с газификацией топлива в движущемся слое. При этом движение топлива и дутья происходит навстречу друг другу.

Очень мелкий (пылевидный) уголь газифицируют при подаче в одном направлении и угля и газообразного газифицирующего агента. Эти разработки стимулируются следующими преимуществами по сравнению с процессом газификации в неподвижном слое:

1) меньшая стоимость мелкозернистого топлива, используемого в этих процессах, по сравнению с кусковым;

2) можно применять сырье любой степени углефикации, прежде всего любой спекаемости;

3) нет побочных продуктов (смола, масло, фенолы, жирные кислоты) и нет надобности в очистке от них;

4) можно заменять уголь жидкими и газообразными углеводородными топливами.

Если газификацию осуществляют при повышенном давлении, значение этих преимуществ еще более возрастает, так как производительность газогенератора растет пропорционально давлению.

Опыты по газификации пыли на американских установках, работавших при высоком давлении с удалением золы в жидком состоянии, подтвердили перечисленные преимущества процесса. Однако при этом были выявлены и другие, нерешенные проблемы, связанные с непрерывным подводом пылевидного топлива, выгрузкой шлака через шлюз и достижением полного превращения топлива [1].

В **третьем** разделе описана методика расчета трубчатого аллотермического газификатора с кольцевой топкой.

Полное моделирование физико-химических процессов газификации осложнено из-за неопределенности исходной информации (в первую очередь наиболее вероятные сюжеты реакций). Моделирование, прежде всего, направлено на разработку инженерного алгоритма и математической модели, приближенно моделирующей функционирование процесса газификации. Эта приближенность обусловлена следующими допущениями: квазистационарностью процесса; постоянством кинетических параметров реакций, теплоемкостей, коэффициентов теплоотдачи; изотермичностью угольных частиц; инертностью компонентов золы; учетом определяющих

химических реакций взаимодействия с окислителем; одномерностью потока газозвеси.

При этом ставится задача на основе единого методического подхода увязать термодинамические и кинетические параметры процесса с конструктивно-компоновочными параметрами газификатора и тепловой схемы ПГУ.

Физическая модель газификации в реакторной зоне измельченного угля представляется как струйное течение (в режиме близком к режиму идеального вытеснения) реагирующей газозвеси внутри квазитрубки с высокотемпературной стенкой, образованной: для трубчатого газификатора (при аллотермическом процессе) - жаропрочным конструкционным материалом.

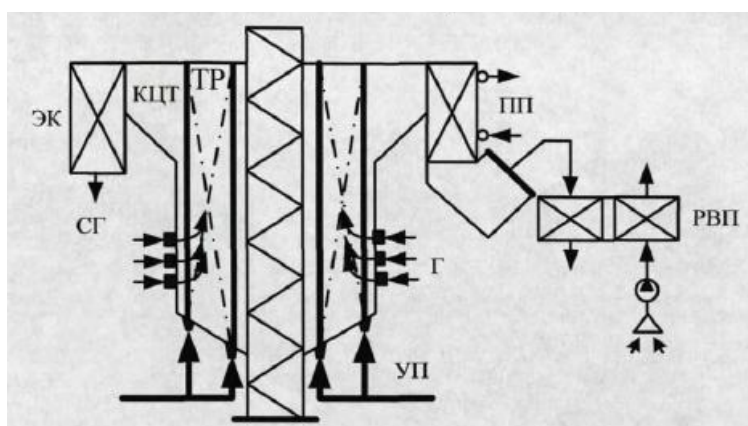


Рисунок 2 - Компоновочная схема газификатора: СГ - охлажденный (запыленный синтез-газ, КЦТ - кольцевая топка, ЭК - экономайзер, ПП - пароперегреватель, РВП – регенеративный воздухоподогреватель, ТР - реакторные трубки, Г - подача синтез-газа в КЦТ, УП - угольно-паровая смесь

Трубчатый аллотермический газификатор с кольцевой топкой. Принята следующая компоновочная схема трубчатого газификатора с кольцевой топкой (рисунок 2):

двухрядное шахматное расположение реакторных трубок в экранах кольцевой топки с относительным диаметром $d_y = 0,5$ м;

коридорное расположение трубок пароперегревателя в прямоугольном газоходе;

шахматное расположение трубок в экономайзере.

В **четвертом** разделе приведены результаты расчета трубчатого аллотермического газификатора угля.

В таблице 1 приведены основные параметры, принятые для расчета расходно-термодинамических и конструктивно-компоновочных параметров трубчатого аллотермического газификатора.

Таблица 1 - Основные данные, принятые для расчета расходно-термодинамических и конструктивно-компоновочных параметров трубчатого газификатора

Время реакции	τ	с	1	
Размер топливных частиц	δ	м	10^{-4}	
Температура стенки (реакционной трубки)	$T_{ст}$	К	1300	
Температура газовзвеси	$T_{г}$	К	1200	
Температура угольных частиц	$T_{у}$	К	1300	
Температура пара на входе в пароперегреватель(из отбора турбины)	$T_{от}$	К	470	
Температура пара на газификацию	$T_{н}$	К	1070	
Температура конденсата после конденсатора	$T_{к}$	К	297	
Температура охлажденного синтез-газа перед компрессором системы разделения СО-водородной смеси	$T_{сг}$	К	300	
Исходная температура угольной пыли	$T_{у}^0$	К	400	
Теплоемкость пара	$C_{п}$	кДж/кг•К	1,9	
Относительное давление синтез-газа в трубке, с учетом сопротивления тракта	$P_{сг}$	-	1,2	
Диаметр трубки газификатора	$d_{тр}$	м	0,03	
Начальная скорость газовзвеси	W	м/с	20	
Энергии активации и предэкспоненциальные коэффициенты основных реакций	Образование CO_2	K_{CO_2}	-	$2 \cdot 10^{11}$
		E_{CO_2}	-	137
	Образование H_2O	K_{H_2O}	-	$8 \cdot 10^{13}$
		E_{H_2O}	-	215
	Образование CO	K_{CO}	-	$2 \cdot 10^{11}$
		E_{CO}	-	255

Особенностью трубчатого аллотермического газификатора является необходимость подвода пара постоянного давления (2,0 бар) от регулируемого отбора паровой турбины.

Для элементов трубчатого аллотермического газификатора приняты конструкционные материалы: реакторные трубки и трубки пароперегревателя (внешним диаметром 0,03 м и толщиной стенки 0,003 м) - алюмоборонитридная композиционная керамика, трубки (внешним диаметром 0,03 м и толщиной стенки 0,005 м) экономайзера - сталь 20, набивка (толщина листов набивки 0,0006 м) РВП - сталь 3.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Краткие выводы по результатам диссертационных исследований

Проведен патентный поиск, обзор литературных источников и анализ мировой практики переработки угля с целью газификации.

Выбрана конструкция поточного газификатора подходящего для переработки низкосортного угля. Так же выбрана схема включения ГТУ.

Разработана методика расчета получаемого газа и компоновочного расчета основных конструктивных характеристик газификатора позволяющая оптимизировать процесс газификации.

Оценка полноты решения поставленных задач. Поставленная цель работы достигнута, задачи решены полностью.

Проведен обзор литературы, результаты теоретического и прикладного исследования, рассмотрение и решение проблемы с помощью разработанной программы для оптимизации основных конструктивных характеристик газификатора и характеристик получаемого газа, позволяют сделать вывод о том, что проделанная работа соответствует современному научно-техническому уровню.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Под ред. Ю. Фальбе Химические вещества из угля – М.:Химия. – 1980. – 590 с.;
2. Кузоватов И.А. Численное моделирование физико-химических процессов в слоевом газификаторе // Красноярский государственный технический университет. – Красноярск Россия, 2005. – С. 39 – 40.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Яковлев С.Е. Переработка твердых бытовых отходов с помощью газификации // Материалы X Республиканской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Творчество молодых – инновационному развитию Казахстана». - Усть-Каменогорск, 2010г. - С. 90 – 91;
2. Яковлев С.Е. Газификация и влияющие на нее факторы // Материалы XI Республиканской научно-технической конференции молодых ученых и студентов, посвященной 20-летию Независимости Республики Казахстан «Творчество молодых – инновационному развитию Казахстана», Усть-Каменогорск, 2011г. - С. 129 – 130.

АННОТАЦИЯ

Ключевые слова. Газификация, газ, уголь, синтез-газ, кислород, пар, топливо, сжигание, высокотемпературный процесс, газификатор, газогенератор, генераторный газ, газифицирующий агент, горение топлива, термическая переработка.

Актуальность исследования.

Республика Казахстан является одним из лидеров по добыче угля в мире. Но среди высококачественных месторождений присутствуют и низкосортные залежи углей.

Основную сложность в использовании низкокачественных видов топлив играет большой процент вредных примесей в отходящих газах и низкая теплота сгорания.

Одним из путей использования низкосортных углей является технология газификация для получения синтез-газа с очисткой от нежелательных примесей.

Цель исследования является разработка методики расчета конструктивных особенностей газификаторов и расчета характеристик получаемого топлива.

Объектом исследования является газификаторы работающие для использования отечественных виды ископаемых топлив (углей).

Методы исследования методология системных исследований в энергетике, математическое и компьютерное моделирование ПГУ.

Научная новизна и ценность работы:

- Произведено исследование физических и термодинамических свойств влияющих на процесс газификации и выход синтез-газа

- Разработана методика расчета газификатора включающая в себя расчет основных конструктивных параметров газификатора и расчет состава получаемого газа

- Составлена компьютерная программа позволяющая оптимизировать выходные параметры газа и конструктивные параметры газификатора

Практическая ценность состоит в том, что разработанная методика позволяет дать предварительные данные для вновь проектируемых и для модернизации имеющихся объектов. Применение газификаторов позволяет использовать низкосортные, молодые угли для получения экологически чистого высококачественного источника энергии.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех разделов, заключения, списка использованных источников и приложений. Основное содержание работы изложено на 90 страницах машинописного текста, иллюстрированного таблицами и рисунками.

ABSTRACT

Key words are gasification, gas, coal, synthesis gas, fuel, steam, combustion, thermal processing.

The actuality of the research study.

Kazakhstan is one of the leader of coal production in the world. But there are low-grade coalfields among high-quality deposits.

The main difficult in using of low-grade sorts of fuels is a high percent of detrimental impurities in a effluent gas and low combustion value.

One of the way of using low-grade coals is the technology of gasification for acquisition of synthesis gas with the refinement from an undesirable admixture.

Research aim is the development of methodology of calculation of structural features of gasifiers and the calculation of capabilities of the fuel.

Object of research is the gasifiers which work for using of domestic sorts of fossil fuels (coals).

The research methods are methodology of systems test in energetic, mathematical and computer simulation of CCP.

Scientific novelty and value of work will be that:

- Made a research of physical and thermodynamic quality that influence on the process of gasification and appearance of synthesis gas.
- Worked out the methods of gasifier computation that including the computation of basic structural parameters of gasifier and the computation of product gas.
- Composed the computer program that helps to optimize output parameters of gas and structural gasifier's parameters.

The practical value of the work consist that the developed methods helps to give a provisional date for once again projectable and for the modification of own objects. The use of gasifiers makes it possible for use of low-grade young coals for acquisition of ecologically pure and high-quality source of energy.

The structure and efforts. The dissertation consists of introduction, four paragraphs, list of used sources and application. The main contents of the work lay on 90 pages in typescript, illustrated by tables and drawings.

АҢДАТПА

Тірек сөздер. Газдандыру, газ, көмір, синтез – газ, оттегі, бу, отын, жағу, жоғары температуралы үрдіс, газдандырғыш, газ генераторы, генераторлық газ, газдандырғыш агент, отынның жануы, термиялық өңдеу.

Зерттеудің өзектілігі.

Қазақстан Республикасы көмір шығару бойынша дүние жүзіндегі көшбасшылардың бірі болып табылады. Бірақ жоғары сапалы кен орындарында көмірдің төменгі сұрыпты кені де кездеседі.

Отынның төменгі сапалы түрлерін пайдаланудағы негізгі күрделілігінде басты пайызды шығатын газ құрамындағы зиянды қоспалар мен жанудың төменгі жылуы құрайды.

Төменгі сұрыпты көмірлерді падаланудың бірден – бір жолы зиянды қоспалардан тазартылған синтез – газ алу үшін газдандыру технологиясы болып табылады.

Зерттеудің мақсаты газдандырғыштардың құрылымдық ерекшеліктерін есептеу әдістері мен алынатын отын сипаттамаларына жүргізілетін есептеу тәсілдерін алу.

Зерттеудің объектісі отандық қазып алынатын отын (көмір) түрлерін пайдалану үшін жұмыс жасайтын газдандырғыштар болып табылады.

Зерттеу әдістері энергетикадағы жүйелі зерттеудің методологиясы, математикалық және компьютерлік моделдеу.

Жұмыстың ғылыми жаңалығы және маңыздылығы:

- газдандыру үрдісіне және синтез – газ шығуына әсер ететін физикалық және термодинамикалық қасиеттеріне зерттеу жүргізілді;

- Құрамына газдардырғыштың негізгі құрылымдық параметрлерін және алынатын газ құрамын есептеуді кіргізетін газдандырғышты есептеу әдістері алынды;

- Газдың шығыс параметрлерін және газдандырғыштардың құрылымдық параметрлерін үйлесімдейтін компьютерлік программа құрылды.

Практикалық маңыздылығы алынған әдістер қайта жобалау мен бар объектілерді жаналау үшін алдын – ала мәлімет беруге мүмкіндік береді. Газдандырғышты қолдану экологиялық таза жоғары сапалы энергия көзін алу үшін төменгі сұрыпты көмірлерді пайдалануға мүмкіндік береді.

Ғылыми жұмыстың құрылымы және көлемі. Жұмыс кіріспеден, 4 бөлімнен, қорытынды және қолданған әдебиет тізімінен тұрады. Жұмыстың мазмұны, кестелер, және суреттер 90 бет көлемінде дайындалған.