

Томский политехнический университет

на правах рукописи

Казаков Александр Владимирович

**ТЕРМИЧЕСКАЯ КОНВЕРСИЯ НИЗКОСОРТНЫХ ТОПЛИВ
ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ГАЗОГЕНЕРИРУЮЩИМ УСТАНОВКАМ**

05.14.04. – Промышленная теплоэнергетика

Автореферат диссертации
на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Томск – 2002

Работа выполнена в Томском политехническом университете

Научный руководитель: кандидат технических наук, доцент
Заворин А.С.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор Карауш С.А.

кандидат технических наук Захарова Л.Г.

Ведущая организация: Региональный Центр управления энергосбережением
(г. Томск)

Защита состоится 21 июня 2002 года в ____ часов на заседании диссертационного совета К 212.269.04 в Томском политехническом университете по адресу: 634034, г. Томск, пр. Ленина 30, корпус 4, ауд. 406.

С диссертацией можно ознакомиться в научно-технической библиотеке Томского политехнического университета.

Автореферат разослан “ ____ ” мая 2002 г.

Ученый секретарь
диссертационного Совета

Заворин А.С.

Актуальность работы

Значительное сокращение использования в энергетике качественных твердых топлив при одновременном повышении доли низкосортных видов топлив и ужесточение экологических требований вызывают возрастающий интерес к местным топливам, растительной биомассе, отходам промышленных предприятий и стимулируют тем самым устремление к развитию альтернативного подхода в использовании низкосортных топлив.

Одним из известных вариантов использования низкосортных топлив являются технологии термической переработки на основе газификации. В последнее время для термической переработки твердых топлив все шире используются катализаторы, которые ускоряют протекающие химические превращения, увеличивают выход целевых продуктов и уменьшают вредные выбросы. В связи с этим актуальное направление работ в области создания научных основ высокоэффективных и экологически чистых процессов термической переработки низкосортных топлив связано с проведением каталитических процессов.

Сегодняшнее положение в отечественной энергетике заставляет по-новому взглянуть на роль автономных энергетических агрегатов малой мощности. Отсутствие централизованного электроснабжения в отдаленных районах приводит к необходимости сооружения относительно дешевых автономных энергетических установок различного назначения. Решение проблемы повышения экономической эффективности и полезного использования нетрадиционных возобновляемых источников энергии на основе перспективных технологий внутрицикловой газификации в энергетических установках составляет актуальную задачу научных исследований. Основная идея заключается в низкотемпературной термической переработке местных низкосортных топлив высокой влажности с получением водородсодержащего газа путем применения высокоэффективной технологии паротепловой каталитической конверсии топлива.

Актуальность темы работы обеспечивается соответствием современным тенденциям в области энергетики и энергосбережения, в частности, направленностью на вовлечение в топливно-энергетический баланс низкосортных местных топлив и обеспечение электро-и теплоэнергией районов децентрализованного энергоснабжения, соответствием основным направлениям НИР Томского политехнического университета. Тема имеет важное региональное значение (решение Государственной Думы Томской области от 23 марта 2000 г. № 483, областная программа энергосбережения на 2002 – 2003 гг.: п. 8.1.1. – Разработка и изготовление базовых газогенераторных установок различной мощности и назначения).

Цель работы

Разработка нового подхода к осуществлению низкотемпературной переработки местных низкосортных топлив с использованием дешевого сырья в качестве катализатора для создания основ проектирования газогенерирующих энергетических установок.

Основные задачи исследования

1. Осуществление в экспериментальных условиях низкотемпературной конверсии местных низкосортных топлив, включая каталитический вариант с переработкой шихты.

2. Экспериментальное исследование формирования и определение характеристик основных продуктов низкотемпературной конверсии топлив и топлив в составе шихты.

3. Определение материальных и тепловых балансов осуществленных вариантов конверсии топлив.

4. Тестирование местных материалов на проявление каталитической активности в углеводородной среде, и выбор катализатора для введения в состав шихты.

5. Определение условий ведения технологического процесса каталитической переработки топлив в составе шихты и выработка рекомендаций к расчету соответствующих установок.

Научная новизна состоит в осуществлении на экспериментальной установке процесса низкотемпературной (до 450°C) паротепловой конверсии низкосортных высоковлажных топлив в составе шихты, включающей катализатор. В этих условиях получены новые экспериментальные данные, характеризующие свойства продуктов переработки низкосортных топлив Томской области. Впервые получены данные по каталитической активности ряда синтезированных соединений. Предложены рекомендации по ведению технологического процесса переработки топлив и основные положения методики к расчету газогенерирующих установок.

Практическая значимость определяется экспериментальными результатами, пригодными к использованию при проектировании газогенераторов и теплофикационных установок, и тем, что объектами исследований являются местные топлива, большие запасы которых сосредоточены в торфяниках, отходы лесопереработки, Таловском бурогольном месторождении. Результаты исследований положены в основу выполнения в рамках Областной программы энергосбережения проекта газогенераторной установки, работающей на древесных отходах электрической мощностью 100кВт.

Достоверность результатов обеспечивается применением апробированных методик экспериментальных исследований, исключением случайной и систематической погрешностей, применением методов

материального и теплового балансов, удовлетворительной сходимостью результатов экспериментов с данными других авторов.

На защиту выносятся:

- результаты экспериментальных исследований процесса низкотемпературной переработки местных низкосортных топлив;
- рекомендации к энерготехнологической реализации низкотемпературной паротепловой конверсии низкосортных местных топлив.

Апробация работы

Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на IV научно-техническом семинаре и VI Всероссийской научно-технической конференции "Энергетика: экология, надежность, безопасность" (Томск, 1998, 2000г.г.); на V областной и VI, VII международных научно-практических конференциях студентов, аспирантов и молодых ученых "Современные техника и технологии" (Томск, 1999 – 2001г.г.); на Всероссийском совещании по энергосбережению и энергетической безопасности регионов России (Томск, 2000г.); на II семинаре вузов Сибири и Дальнего Востока по теплофизике и теплоэнергетике (Томск, 2001г.); на научных семинарах кафедры парогенераторостроения и парогенераторных установок Томского политехнического университета (1998 – 2002 г.г.)

Публикации

По результатам выполненных исследований опубликовано 8 печатных работ.

Объем и структура диссертации

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы (134 наименования) и приложения. Работа содержит 158 страниц текста, 22 таблицы и 46 рисунков.

Личное участие автора

Автором выполнены работы по созданию экспериментального стенда. Разработаны методики проведения экспериментов, создано программное обеспечение для обработки полученных данных, проведены эксперименты и анализ их результатов. В разработке экспериментального стенда, постановке задач исследований, обсуждении методики экспериментов и полученных результатов наряду с научным руководителем принимал участие к.т.н. А.А. Макеев.

Основное содержание работы

Во введении обоснована актуальность темы, сформулирована цель работы.

В первой главе проведен обзор литературы по энерготехнологической переработке низкосортных топлив. Приведены теоретические основы термической переработки твердого топлива, характеризующие общую тенденцию протекания процесса пиролиза. Однако для предсказания протекания процесса пиролиза неисследованных топлив и определения состава продуктов, что является основополагающей базой в выработке исходных данных для расчета и проектирования аппаратов конверсионной переработки, требуется экспериментальное изучение пиролиза каждого конкретного топлива, выяснение влияния параметров процесса на состав и выход продуктов.

Современные тенденции в переработке низкосортных топлив направлены на их экологическое использование с получением энергии. В применяемых методах газификации в кипящем и циркулирующем слое, за счет применения катализаторов удается увеличить выход целевых продуктов и снизить температуру процесса. Однако сложность организации процесса, достаточно высокие температуры ($600 \div 800^\circ\text{C}$) и дороговизна катализатора препятствуют крупномасштабному внедрению предлагаемых технологий в широкие социальные сферы.

На основе анализа опубликованного в литературе теоретического и экспериментального материала поставлены задачи настоящего исследования.

Во второй главе рассматриваются методические основы экспериментальных исследований. Приводится описание лабораторного стенда, реализующего экспериментальную базу для создания основ проектирования установок термической конверсии низкосортных топлив, методики проведения экспериментов, методики обработки экспериментальных данных.

Исследования проводились на лабораторном стенде (рис. 1), представляющем собой многофункциональный комплекс, позволяющий моделировать термическую конверсию топлив с определением материальных балансов, а также экспериментально выявлять каталитические способности веществ и их температуру активации в углеводородной среде.

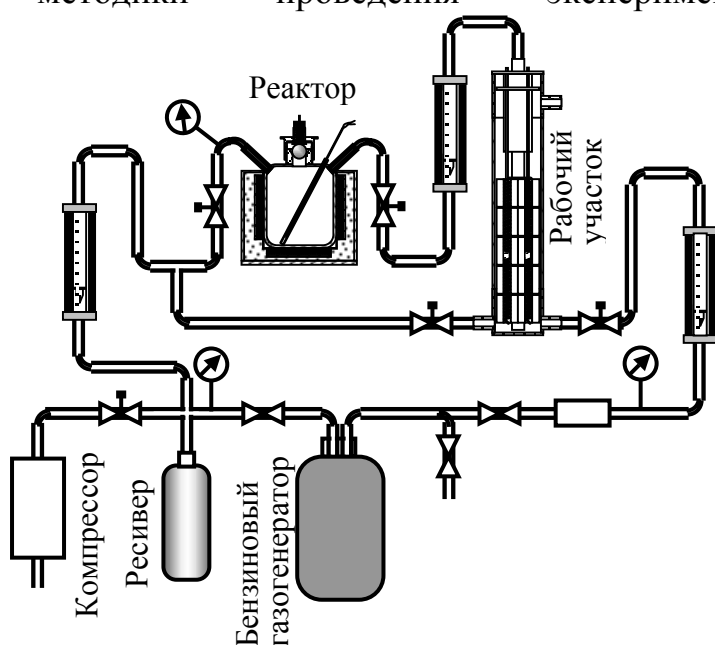


Рис. 1. Схема экспериментальной установки.

Основными элементами

установки являются рабочий участок и реактор. В разогретые до определенной температуры спирали рабочего участка, в которые загружен катализатор, подаются пары бензина и, по изменению температуры в рабочем участке определяется активность исследуемого вещества в углеводородной среде при данной температуре.

Моделирование термической конверсии проводится в реакторе, представляющем собой герметичный сосуд, вставленный в электропечь. Для разделения и хроматографического анализа газообразных продуктов термической конверсии используется приставка (рис. 2) к реактору.

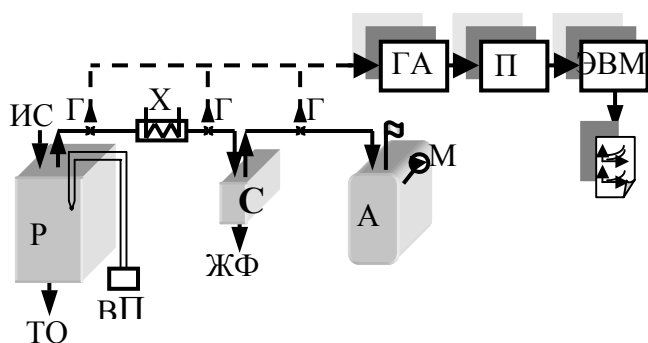


Рис. 2. Схема проведения эксперимента по термической обработке топлива и отбора проб на газовый анализ.

Р – реактор; Х – холодильник;
СК – сборник конденсата; А – аспиратор;
ТО – выход твердого остатка; М – манометр;
Г – место отбора газа; ГА – газоанализатор;
ВП – вторичный прибор; П – потенциометр;
ИС – исходное сырье; ЖФ – жидкая фракция.

Эксперименты заключались в термической переработке топлив при $100\div 500^{\circ}\text{C}$ и определении состава генерируемого газа во всем диапазоне этих температур. Результатами исследований являются характеристики исходного сырья и твердых продуктов его переработки, качественный и количественный выход продуктов, концентрация горючих составляющих и теплота сгорания получаемых газов, тепловой баланс экспериментальной термической переработки.

Данные по низкотемпературной переработке низкосортных топлив, погрешность измерений которых не превышает 18,6%, представляют собой комплекс информативных показателей по выходу и качеству получаемых продуктов, необходимых для последующего сравнительного анализа с показателями низкотемпературной каталитической переработки топлив, полученными в специальных экспериментах (гл. 4).

Осуществленный способ низкотемпературной конверсии низкосортных топлив в совокупности с методами газовой хроматографии, технического и химического анализов позволил объективно оценить количество и качество получаемых продуктов. Достоверность полученных результатов

Остаточный твердый продукт исследовался по стандартным методикам технического, химического, элементного и рентгенофазового анализа.

В третьей главе приводится описание лабораторных экспериментальных исследований термической конверсии топлив. В качестве сырья для переработки использовались местные топлива: торф, опилки, бурый уголь Таловского месторождения. После переработки торфа и опилок полученные твердые остатки (полукокс из опилок и полукокс из торфа) повторно подвергались термической переработке.

подтверждается их удовлетворительным совпадением с известными данными других исследований.

Исследуемые топлива характеризуются высокой влажностью (28,4÷69,9%), что обуславливает их низкую теплоту сгорания (8,1÷9,2МДж/кг). Ввиду этого при традиционном сжигании потребуется увеличение капитальных вложений и эксплуатационных затрат на осушку этих топлив. Низкое содержание углерода (12,5÷20,08%) указывает на возможность образования газообразных продуктов при термопереработке при низких температурах. Характерное для топлив ранней стадии метаморфизма высокое содержание водорода (11,7÷13,6%) и кислорода (27,3÷38,9%) обеспечивает возможность протекания экзотермических реакций при пиролизе. Низкое содержание серы (0,04÷0,1%) и азота (0,36÷0,5%) в топливах является предпосылками получения экологически чистых газообразных продуктов.

Зольность исследуемых топлив в рабочем состоянии низкая (0,17÷18,2%), однако в пересчете на сухое состояние представляет собой достаточно высокие значения (14,9÷36,9%) и в основном определяется содержанием SiO_2 (10,9÷21% в сухой массе топлива), доля остальных составляющих зольности незначительна (3,9÷9,8% в сухой массе топлива).

Как показывают материальные балансы термической переработки топлив, ввиду их значительной влажности доля основных получаемых горючих продуктов невысока: твердый остаток – 12,3÷30%, газ – 14÷50%. Твердый остаток (полукокс) представляет собой сухой ($W_{\text{т.ост}}^{\text{т}} = 0,66\div 0,98\%$) практически лишенный летучих (7,08÷10,3%) продукт с высоким содержанием углерода (60÷78,25%). Полукокс горит бездымным пламенем и имеет теплоту сгорания 18,7÷25,4 МДж/кг. Зольность полукоксов по сравнению с исходным топливом значительно повышается (до 24,2÷36,7%) за счет удаления влаги и летучих из исходных топлив.

В качестве примера на рис. 3 представлены концентрации горючих

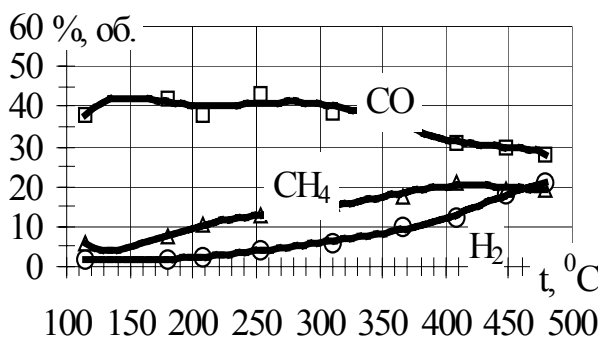


Рис. 3. Горючие составляющие газа из опилок

составляющих газа, получаемого из опилок, для других топлив получены подобные зависимости. Состав получаемых горючих газов меняется во всем температурном интервале термической переработки. Для всех топлив характерно относительно высокое содержание CO (10÷40%) при температурах 100÷250⁰С, что говорит о взаимодействии углерода с

кислородом топлива. По мере расходования кислорода топлива в течение термопереработки содержание CO плавно снижается до 5÷25%, но полностью не исчезает, что говорит о неполном реагировании с кислородом

топлива. Содержание водорода и метана в газе начинает возрастать с температуры 270°C и, постоянно увеличиваясь, при температуре 450°C доходит до $20\div 35\%$ (водород) и $20\div 25\%$ (метан). Концентрация метана увеличивается в связи с выделением водорода, и проявляется закономерность одновременного изменения их концентрации.

В соответствии с изменением концентрации горючих составляющих изменяется и теплота сгорания газов (на рис. 4 приведен пример для газа из

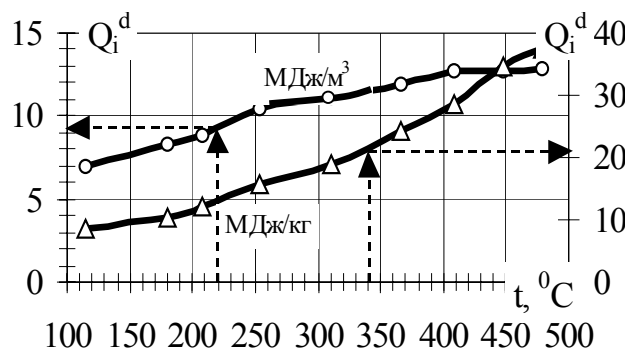


Рис. 4. Теплота сгорания газа из опилок

опилок): в интервале температур $100\div 300^{\circ}\text{C}$ она составляет $1\div 11 \text{МДж/м}^3$, $300\div 450^{\circ}\text{C}$ – $5\div 13 \text{МДж/м}^3$.

В результате термической переработки полукоксов из них полностью удаляется влага и образуется 10% газа. Оставшийся твердый продукт составляет $88,8\div 89,1\%$. За счет удаления влаги и оставшихся после первичной

переработки летучих зольность получаемых продуктов повышается. Рабочая масса полученных после термической переработки продуктов в основном характеризуется двумя составляющими – зольностью ($8,92\div 33,9\%$) и содержанием углерода ($66\div 82,63\%$).

По сравнению с газом, получаемым из исходных топлив, получаемый из полукоксов газ характеризуется низким содержанием CO ($5\div 25\%$) и одновременно повышенным содержанием водорода ($30\div 40\%$) и метана ($25\div 50\%$). Причем для газа из торфяного полукокса максимальная концентрация составляющих наблюдается в интервале температур $370\div 450^{\circ}\text{C}$, а увеличение содержания метана в указанной области относительно высоких температур свидетельствует о протекании реакций с углеродом топлива. За счет увеличения содержания водорода и метана в газах увеличивается и их теплота сгорания до $13\div 23 \text{МДж/м}^3$ (60МДж/кг).

Расчет тепловых балансов экспериментального способа осуществления термической переработки позволяет провести оценку его эффективности. Во всех уравнениях тепловых балансов теплотворная способность получаемых газов оказывается выше необходимого количества тепла на нагрев исходного топлива. Это говорит о том, что термическая переработка всех исследуемых топлив возможна за счет использования собственных тепловых ресурсов в технологии переработки.

На основе полученных результатов можно сделать следующие выводы:

1. Исследуемое в качестве топлива сырье – торф, опилки, бурый уголь характеризуются низкой теплотой сгорания вследствие высокой влажности, что создает трудности при их прямом сжигании в энергетических аппаратах.

2. При термической обработке испаряется практически вся влага топлива.

3. Ввиду значительной влажности исходных топлив доля получаемых горючих продуктов невысока.

4. На высокую теплоту сгорания получающегося газа оказывают влияние газы пиролиза, не претерпевающие вторичных взаимодействий вследствие низких температур.

5. Получаемый углеродистый остаток практически лишен влаги и летучих и в то же время насыщен углеродом, что значительно увеличивает его теплоту сгорания.

6. Переработка полукокса, полученного из торфа и опилок, не позволяет окислять углерод топлива, что представляет основную трудность для полной термической переработки топлива в газ.

7. Оценка теплотворной способности получаемых при низкотемпературной термической переработке продуктов в сопоставлении с тепловыми затратами на обеспечение этой переработки показывает на возможность организации процесса без привлечения дополнительных тепловых источников.

В четвертой главе приводится описание лабораторных экспериментальных исследований влияния состава шихтовых материалов на термокаталитическую переработку топлив. Вывод о необходимости поиска эффективного способа переработки углерода топлива, приводит к решению о вводе каталитических присадок к топливу, т.е. о формировании шихты, и ее нагреве – термокаталитической переработке.

Образование углеводородных газов при нагреве топлива является тем положением, на котором основывается принцип поиска каталитически активных материалов по способности активироваться в углеводородной среде и, возможно, катализировать реакции с углеродом топлива.

Эксперименты по тестированию местных материалов на их способность активироваться в парах бензина и определению минимальной температуры активации позволили выявить 45 различных веществ, которые проявляют такие свойства. Температуры активации выявленных катализаторов охватывают диапазон температур 125÷535⁰С. Основную часть оттестированных катализаторов представляют искусственно синтезированные вещества, одним из компонентов которых широко представлены соединения железа. Испытаны вещества, компонентами которых являются труднодоступные материалы – цирконий, лантан, стронций, литий, иттрий, диспрозий, титан, неодим, а также широко распространенные – медь, никель, кальций, магний, алюминий, кремний. Из природных материалов каталитическую активность проявили плавиковый шпат, цеолит, тугоплавкая глина местного залегания. Исходя из экономических соображений, в качестве катализирующих присадок к твердому топливу в процессе формирования шихты для ее термокаталитической переработки из выявленного спектра материалов в качестве базового катализатора выбран гематит, а также цеолит.

Следующий этап исследований составила проверка эффективности отобранных катализаторов при термокаталитической переработке углерода

(криптола). При переработке шихты “криптол + Fe_2O_3 + цеолит”, помимо водорода и окиси углерода, в образующемся газе присутствовал метан. Данный факт позволяет предположить что формирование газовой фазы происходит следующим образом: водород получается при взаимодействии окислов железа с паром, носителем которого является цеолит, одновременно углерод реагирует с паром с образованием окиси углерода. Получающийся водород может вступать в реакцию с углеродом и окисью углерода, в результате чего образуется метан. Эксперименты по термokatалитической переработке криптола в составе шихты показали, что соединения железа и цеолит оказывают катализирующее влияние на переработку твердого топлива. Это позволило проводить эксперименты по термokatалитической переработке выбранных местных топлив в составе шихты с целью определения влияния катализирующих присадок.

В качестве исходных топлив, на основе которых формировалась шихта, использовались те же топлива, что и при термической переработке (глава 3). Соотношение катализирующих присадок в шихте выбиралось в соответствии с экспериментально определенным соотношением – 0,3 части соединений железа и 1 часть цеолита к одной части топлива. Каждое из 5 испытываемых топлив подвергалось термokatалитической переработке в составе различных вариантов шихты.

Как показали эксперименты, наблюдается общая закономерность влияния каталитических присадок на формирование газовой фазы для всех топлив (по сравнению с данными по термической обработке): соединения железа не влияют на выход CO , образование водорода и метана начинается при тех же температурах, концентрация водорода увеличена на 10÷50% во всем температурном интервале, а максимум концентрации метана смещен в область более низких температур, что свидетельствует об увеличении интенсивности реакций с углеродом топлива, приводящих к синтезу метана. Добавка цеолита к топливу уменьшает температуру начала выхода водорода и увеличивает его концентрацию в области меньших температур, концентрация CO незначительно уменьшена при одновременном незначительном увеличении концентрации метана. Одновременная добавка соединений железа и цеолита к топливу еще более снижает температуру

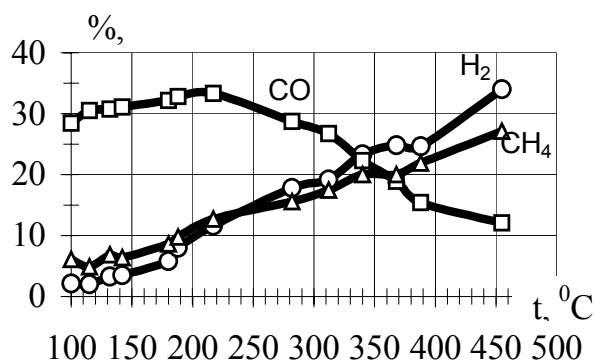


Рис. 5. Горючие составляющие газа из шихты {опилки+ Fe_2O_3 +цеолит}

начала выхода водорода и резко (на 25÷100%) увеличивает его концентрацию во всем температурном интервале. На рис. 5, 6 в качестве примера представлены данные по концентрации горючих компонентов и теплоте сгорания газа, полученного из опилок, переработанных в составе шихты {опилки+ Fe_2O_3 +цеолит}.

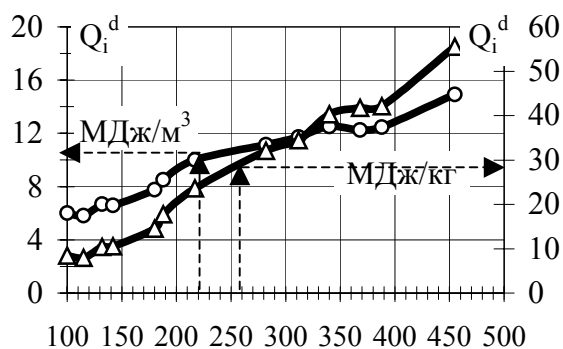


Рис. 6. Теплота сгорания газа из шихты {опилки+Fe₂O₃+цеолит}

Определения зольности получаемых твердых продуктов (без учета шихтовых добавок) показывают общую для всех исследуемых топлив закономерность влияния каталитических присадок на разложение органической части топлив. Видно, что зольность твердых продуктов увеличивается в соответствии с рядом присадок к топливу: {соединения железа} < {цеолит} < {соединения железа + цеолит}. Причем максимальное преобразование органической части топлив в парогазовую фазу в присутствии соединений железа и цеолита, по сравнению с данными по термической обработке, увеличено для торфа – на 53,9%, для опилок – на 35,9%, для бурого угля – на 50%, для полукокса из торфа – на 11,4%, для полукокса из опилок – на 12,4%. В соответствии с изменением зольности уменьшается и теплота сгорания остаточного твердого продукта: для торфа – на 21,7%, для опилок – на 0,86%, для бурого угля – на 32,6%, для полукокса из торфа – на 6,8%, для полукокса из опилок – на 2,5%. Таким образом установлено, что одновременная добавка соединений железа и цеолита к топливу является наиболее эффективной, имея в виду разложение органической части топлива и получение горючих газов.

Необходимым фактором, обеспечивающим углубление преобразования остаточных твердых продуктов, является наличие пара, источником которого служила адсорбированная влага цеолита. Достоверность этого положения подтверждается экспериментальными данными по термокаталитической переработке шихты, где в качестве присадок были только соединения железа. Видно, что зольность остаточных твердых продуктов увеличивается незначительно: для торфа – на 5%, для опилок – на 5%, для бурого угля – на 3,5%, для полукокса из торфа – на 0,8%, для полукокса из опилок – на 3,1%. Также был проведен эксперимент с шихтой, состоящей из топлива, соединений железа и цеолита, где цеолит был предварительно дегидратирован. Результат показал аналогичные незначительные изменения зольности. Таким образом глубокая переработка топлив при температурах до 450⁰С возможна, если организовать термокаталитическую конверсию топлив в составе шихты высокотемпературным паром – паротепловую конверсию.

Материальные балансы термокаталитической переработки топлив в составе шихты (топливо + соединения железа + цеолит) по сравнению с материальными балансами термической переработки показывают общие закономерности для всех топлив. Так, выход смолы и влаги остается на том же уровне, выход газа увеличен: для шихты на основе торфа – на 25,6%, для шихты на основе опилок – на 10%, для шихты на основе бурого угля – на

66,7%, для шихты на основе полукокса из торфа – на 10,2%, для шихты на основе полукокса из опилок – на 11%.

На основе материальных балансов и теплоты сгорания получаемых горючих продуктов составлены тепловые балансы экспериментального способа термокаталитической переработки. В связи с увеличением количества получаемого газа за счет более глубокого разложения органической части топлив располагаемое тепло исходных топлив перераспределилось в пользу увеличения теплотворной способности газов в среднем в 1,69 раза, а количество тепла, необходимого на нагрев шихты, в среднем увеличилось в 1,54 раза.

Как видно из представленных материалов, переработка низкосортных топлив в составе шихты, представляющей собой смесь топлива, цеолита, адсорбированная влага которого является источником водяного пара, и соединений железа, позволяет уменьшить выход остаточного твердого продукта и увеличить выход газа за счет активизации протекания реакций с углеродом топлива.

На основе полученных результатов можно сделать следующие выводы:

1. Оттестированные вещества могут применяться в качестве катализаторов в процессах термокаталитической конверсии топлив.

2. Наибольшая эффективность термокаталитической переработки низкосортных топлив достигается при одновременном наличии в шихте соединений железа и цеолита.

3. Экспериментальные исследования показали, что оптимальная добавка катализаторов, вводимых в состав шихты, составляет 12÷20% Al_2O_3 в составе цеолита и 25÷35% Fe_2O_3 в чистом виде.

4. Термохимическое разложение низкосортных топлив в составе шихты позволило генерировать высококалорийный газ в области низких температур (220÷450⁰С).

5. Увеличение зольности и уменьшение теплоты сгорания остаточного твердого продукта из топлив, переработанных в составе шихты, говорит о происходящих более глубоких реакциях с углеродом топлива.

6. Глубокая переработка низкосортных топлив при температурах до 450⁰С возможна, если организовать термокаталитическую конверсию низкосортных топлив в составе шихты высокотемпературным паром (паротепловая конверсия).

В пятой главе приводятся методические основы проектирования энергетических установок паротепловой конверсии низкосортных топлив, разработанные на основе полученного экспериментального материала. Предложена технологическая схема паротепловой конверсии (рис. 7), основные положения которой сводятся к следующим:

- процесс ведется в реакторе без доступа воздуха;
- составление шихты осуществляется на основе экспериментальных данных, представленных в гл. 4;

– температура ведения процесса переработки выбирается в зависимости от требуемого состава газа (на основе экспериментальных результатов в гл. 4);

– источником тепла на обеспечение заданной температуры процесса и термохимического окисления углерода топлива является высокотемпературный пар с соответствующей температурой;

– за счет применения перегретого пара деструкция углерода осуществляется полностью;

– минеральный остаток после переработки представляет собой каталитический наполнитель для формирования последующей шихты.

В реактор **Р** загружается приготовленная шихта. Стационарный режим работы установки по паротепловой конверсии низкосортных топлив представляет собой следующую последовательность.

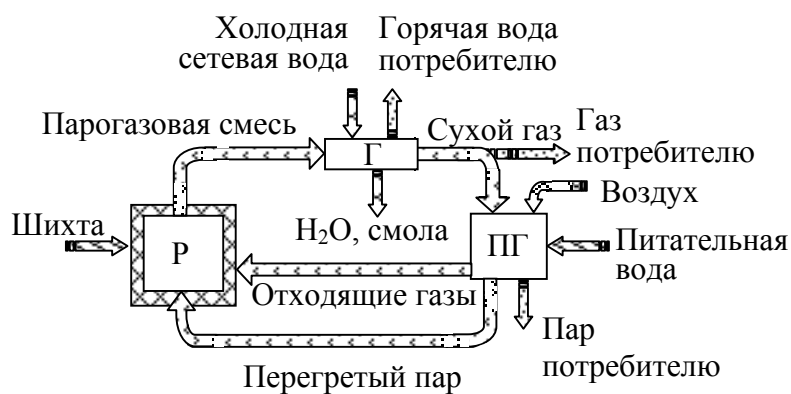


Рис. 7. Технологическая схема паротепловой конверсии

Полученная смесь газов и водо-смоляных паров из реактора направляется на газоочистку, где освобождается от водяных паров и смоляных продуктов. Нагреваемая при этом в системе конденсации сетевая вода направляется потребителю. Часть сухого

очищенного газа идет потребителю, оставшаяся часть смешивается с воздухом и направляется в топку парогенератора **ПГ** на выработку перегретого пара из питательной воды. Необходимая доля перегретого пара подается в реактор на поддержание процесса конверсии, остальная часть идет на нужды потребителя. Отходящие газы из парогенератора направляются на внешний обогрев реактора и в атмосферу.

Определены исходные данные к расчету паротепловой конверсии различных низкосортных топлив, которые задают содержание катализирующих присадок в шихте, температуру процесса переработки, теплоту сгорания получаемого газа, а также удельный расход пара на обеспечение паротепловой конверсии топлив и поправку на их рабочую влажность. Содержание минеральной массы в шихте учитывается поправочным коэффициентом к удельному расходу пара.

Из уравнения теплового баланса установки паротепловой конверсии предложена общая формула для предварительной оценки энергетической нагрузки на потребителя при паротепловой конверсии различных топлив.

В приложении приведен пример расчета установки паротепловой конверсии в соответствии с разработанной методикой, произведена технико-экономическая оценка реконструкции котельного цеха деревообрабатывающего предприятия на выработку энергии по

предлагаемому варианту показывающая, что при затратах 19 млн. руб. срок окупаемости составляет 14 месяцев, а также приведен вариант компоновочного решения установки паротепловой конверсии.

Выводы

1. Термическая переработка торфа, бурого угля, опилок в состоянии рабочей влажности при температурах $100\div 450^{\circ}\text{C}$ позволяет получать высококалорийные продукты – газ ($10\div 50$ МДж/кг), полукокс ($18\div 25$ МДж/кг), смола ($15\div 30$ МДж/кг). Ввиду высокой забалластированности исходных топлив доля получаемых горючих продуктов относительно низкая, однако, преследуя цель получения высокорекреационного полукокса и сырья для химической промышленности – смолы, термическую переработку можно организовать за счет теплотворной способности получаемого газа без привлечения дополнительных источников тепла.

2. Выявленные вещества, способные активироваться в углеводородной среде, позволяют применять их в качестве катализаторов при термокаталитической переработке топлив путем первоначального формирования шихты, состоящей из топлива и катализатора.

3. Введение оксида алюминия ($12\div 20\%$) в составе цеолита и соединений железа ($25\div 35\%$) в шихту при ее термокаталитической переработке позволяет сдвигать термохимические процессы в область более низких температур по сравнению с термической переработкой топлив и повысить теплотворную способность получаемого газа ($35\div 65$ МДж/кг). За счет адсорбированной влаги цеолита, являющейся источником пара, происходят реакции с углеродом топлива, позволяющие уменьшить выход остаточного твердого продукта.

4. Глубокая переработка низкосортных топлив возможна путем паротепловой конверсии топлив в составе шихты паром с температурой $200\div 450^{\circ}\text{C}$. Расход пара зависит от вида топлива, температуры ведения процесса и количества минеральной массы в шихте.

5. Экономичность паротепловой конверсии низкосортных топлив при низких температурах достигается за счет невысоких капиталовложений и повторного использования катализаторов в виде минерального остатка.

6. Паротепловая конверсия дешевых местных низкосортных топлив может быть реализована в аппаратах, обеспечивающих тепловой и электрической энергией индивидуальных потребителей, фермерские хозяйства, отдельные предприятия и сооружения.

Основное содержание диссертации отражено в следующих публикациях:

1. Макеев А.А., Казаков А.В. Исследование каталитических свойств ультрадисперсных порошковых материалов при окислении паров жидкого топлива. – Тезисы докладов научно-технического семинара “Энергетика: экология, надёжность, безопасность”. – Томск: Изд. ТПУ, 1998.

2. Макеев А.А., Казаков А.В. Каталитическая тепловентиляционная энергетическая установка. – Тезисы докладов научно-технического семинара “Энергетика: экология, надёжность, безопасность”. – Томск: Изд. ТПУ, 1998.

3. Казаков А.В. Энергетическая установка местного теплоснабжения. – Труды пятой областной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Современные техника и технологии». – Томск: Изд. ТПУ, 2000.

4. Казаков А.В. Энергетическая установка на основе конверсии низкосортных топлив. – Труды VI международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых “Современные техника и технологии”. – Томск: Изд. ТПУ, 2000.

5. Заворин А.С., Макеев А.А., Казаков А.В. Перспективы применения паротермохимической газификации в переработке некондиционных топлив. – Энергосбережение и энергетическая безопасность регионов России: Тезисы докладов Всероссийского совещания. – Изд-во Томского ЦНТИ, Томск, 2000.

6. Казаков А.В. Разработка способа использования местных топлив в энергосберегающих технологиях. – Энергосбережение и энергетическая безопасность регионов России: Тезисы докладов Всероссийского совещания. – Изд-во Томского ЦНТИ, Томск, 2000.

7. Заворин А.С., Макеев А.А., Казаков А.В. Исследование процессов конверсии местных топлив. – Материалы докладов Шестой Всероссийской научно-технической конференции “Энергетика: экология, надёжность, безопасность”. – Томск: Изд-во ТПУ, 2000.

8. Казаков А.В., Никифоров Г.М. Переработка и использование низкосортных топлив в низкотемпературных каталитических процессах. – Труды VII международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых “Современная техника и технологии”. – Томск: Изд-во ТПУ, 2001.

Подписано к печати __.05.2002. Формат 60×84/16. Бумага офсетная.
Плоская печать. Усл. печ. л. 0,93. Уч.–изд. л. 0,84. Тираж __ экз. Заказ № ____
Цена свободная. ИПФ ТПУ. Лицензия ЛТ №1 от 18.08.94.
Типография, 634034, Томск, пр. Ленина, 30