

Способ предварительной обработки жидких топлив перед сжиганием в теплосиловых установках

Розглянуто спосіб термічної переробки рідких вуглеводнів в газ максимальної калорійності та регульованого складу, в якому процес піролізу палива здійснюється у проточних реакторах шляхом підведення тепла електронагрівачами, які розміщуються в потоці палива, що розкладається.

Рассмотрен способ термической переработки жидких углеводородов в газ максимальной калорийности и регулируемого состава, при котором процесс пиролиза топлива осуществляется в проточных реакторах путем подвода тепла электронагревателями, расположенными в потоке разлагаемого топлива.

Использование на тепловых электростанциях Украины сернистых топлив и прежде всего высокосернистых мазутов требует совершенствования способов предотвращения выбросов образующихся вредных химических соединений в атмосферу. Такими вредными для окружающей среды образованиями являются сернистые, ванадиевые, азотистые соединения и др., очистка от которых продуктов сгорания мазута малоэффективна и связана с большими капитальными затратами. Слишком дорогой и сложной является предварительная очистка топлива от серы и ванадия на специальных заводах, что также связано со значительными капиталовложениями.

В настоящее время наиболее эффективным представляется энерготехнологическое использование сернистых топлив, при котором от вредных соединений очищаются газообразные продукты предварительного пиролиза исходного топлива. При комплексном использовании топлив попутно можно получить различные смолы и ароматические углеводороды, а также перерабатывать отводимые сернистые соединения и получать из них серную кислоту или серу. При этом в энергетических теплосиловых установках сжигается только очищенный от серы и ванадия газ. Причем сжигание водородосодержащего пирогаза позволяет снизить механический недожог и резко снизить выброс канцерогенов в окружающую среду [1]. Дополнительно к достижению высокого экологического эффекта появляется возможность выравнивания неравномерности суточного потребления электроэнергии. Для этого во время ночного провала нагрузки следует использовать избыточную электроэнергию на проведение эндотермического процесса пиролиза мазута, зака-

чивая газообразные продукты в газгольдер. Во время дневных пиковых нагрузок срабатывают избыточное давление и сжигают (экзотермический процесс) накопленный пирогаз на высокоманевренных пиковых теплосиловых установках, например на газотурбинных. Т.о. реализуют механическое и термохимическое аккумулярование энергии.

Для транспортных средств применение пиролиза жидкого топлива перспективно из-за возможности применения широкой гаммы дешевых низкосортных топлив, значительного снижения выбросов в атмосферу вредных химических соединений.

Предварительная термическая обработка топлива перед сжиганием является эффективным способом создания многотопливных систем питания теплосиловых установок, повышения их экономичности и мощности, снижения токсичности отработавших газов. Работы в этом направлении начали вести крупнейшие двигателестроительные фирмы США, Японии, ФРГ, Франции, Англии в связи с началом первого энергетического кризиса 1972 года. Другой пик патентования подобных разработок пришелся на второй энергетический кризис начала восьмидесятых годов. Наибольшую активность в развитии этого направления проявили такие фирмы: США — Дженерал Моторз, Шевроле, Тексако и др.; Японии — Тойота, Хироси, Мицубиси и др.; ФРГ — Сименс, Даймлер-Бенц, Опель и др.; бывшего СССР — НАМИ, НИКИД, МВТУ им.Баумана, Институт газа АН УССР, Институт технической теплофизики АН УССР и др. [2].

За это время за рубежом, в бывшем СССР и в Украине предложено много технических решений этой проблемы, однако ни одно из них не получило широкого распространения.

Объяснить это можно тем, что в основу этих технических решений были положены известные промышленные процессы окислительного пиролиза (газификации), каталитические процессы паровой и уголекислотной конверсии и др. Применительно к транспортным теплосиловым установкам эти процессы обладают следующими недостатками: продукты конверсий сильно забалластированы негорючими компонентами; наличием дорогостоящих катализаторов, быстро отравляемых серой топлива; большие весогабариты реакционных устройств из-за необходимости подвода больших количеств теплоты через стенку; сложность регулирования технологических параметров процесса; большие энергетические потери. Таким образом, удовлетворяя нужды промышленности и, сравнительно надежно работая в стационарных условиях, эти процессы не отвечают специфическим требованиям, налагаемым при их реализации на борту транспортной теплосиловой установки. К таким требованиям следует отнести: возможность согласования работы реактора и теплосиловой установки на переменных режимах работы; отсутствие катализатора, который быстро отравляется или зауглероживается; отсутствие балласта в синтез-газе; возможность регулирования состава продуктов конверсии при использовании различных видов исходного топлива (многотопливность); сравнительно небольшие весогабариты реакционного устройства.

Для решения проблемы многотопливности, снижения токсичности отработавших газов необходимо было разработать способ термической переработки любых жидких углеводородов в газ максимальной калорийности и регулируемого состава. В результате проведенных поисковых исследований такой способ был разработан, испытан и запатентован [3, 4].

Решение поставленной задачи достигается тем, что исходное топливо подвергают термическому разложению в проточном реакторе вытеснения путем подвода теплоты одним или несколькими электронагревателями, расположенными вдоль оси потока разлагаемого топлива. При этом степень разложения и состав продуктов разложения регулируют изменением количества включаемых электронагревателей и параметров подаваемой на них электроэнергии, а кокс, образовавшийся в реакторе, удаляют после прекращения подачи в него исходного топлива путем окисления воздухом или другим кислородосодержащим веществом. Следует

отметить, что процесс обработки топлива перед сжиганием в теплосиловой установке осуществляют в двух реакторах, работающих параллельно и поочередно в режимах термического разложения исходного топлива и удаления кокса, образовавшегося в реакторе. Исходное топливо, воздух или другое кислородосодержащее вещество перед подачей в реактор нагревают теплотой отработавших газов и/или за счет охлаждения теплонапряженных поверхностей теплосиловой установки. При этом в систему электропитания электронагревателей подают электроэнергию от термоэлектрических элементов, охлаждающих отработавшие газы теплосиловой установки, её теплонапряженные поверхности и продукты термического разложения исходного топлива. При неполном термическом разложении жидкого исходного топлива жидкую фазу продуктов разложения подают на рециркуляцию, смешивая с исходным топливом перед подачей в реактор. Когда термическому разложению подвергают часть исходного топлива, сжигаемого в теплосиловой установке, жидкую фазу продуктов разложения подают в теплосиловую установку вместе с не подвергнутым термическому разложению исходным топливом, а газообразную фазу вместе с воздухом. При этом кокс, образовавшийся в реакционной зоне, удаляют после прекращения подачи в реактор исходного топлива путем окисления кислородом и кислородосодержащими веществами, содержащимися в отработавших газах теплосиловой установки, а продукты окисления удаляемого из реактора кокса подают для сжигания в теплосиловую установку или сбрасывают в атмосферу.

На рис.1 и 2 изображены блок-схемы для осуществления предлагаемого способа, соответственно, по периодическому и непрерывному циклу. Исходное топливо по трубопроводу 1 через клапан 2 подают на вход проточного реактора вытеснения 3, где его подвергают термическому разложению за счет подвода теплоты электронагревателями 4. Продукты разложения исходного топлива из реактора по трубопроводу 5 подают в теплосиловую установку 6. При этом отработавшие газы по трубопроводу 7 сбрасывают в атмосферу, затем прекращают подачу исходного топлива, а в реактор по трубопроводу 8 подают воздух или другое кислородосодержащее вещество. Продукты окисления кокса через трубопровод 9 сбрасывают в атмосферу. После полного очищения реакционной зоны от кокса прекращают пода-

чу окислителя, а в реактор вновь подают исходное топливо и цикл повторяют. Для обеспечения непрерывности процесс обработки топлива перед сжиганием в теплосиловой установке осуществляют следующим образом (рис.2). Исходное топливо по трубопроводу 10 и 11 подают в реактор, продукты термического разложения подают в теплосиловую установку для сжигания, а отработавшие газы сбрасывают в атмосферу. Параллельно с этим по трубопроводам 12, 13 и 14 в реактор 15 подают окислитель для удаления кокса из реакционной зоны, а продукты окисления через трубопровод 16 сбрасывают в атмосферу. После полной очистки реакционной зоны по трубопроводу 12 прекращают подачу окислителя, а по трубопроводам 1, 13, 14 в реактор 15 подают топливо для термического разложения. Одновременно с этим прекращают подачу топлива в реактор 3 и начинают подавать в него окислитель. При этом реакторы 3 и 15 работают параллельно и поочередно в режимах термического разложения исходного топлива и удаления кокса из реакционной зоны.

Для утилизации теплоты исходное топливо, воздух или другое кислородосодержащее вещество перед подачей в реакторы 3 и 15 нагревают в теплообменниках 17 и 18. Для этого отработавшие газы из теплосиловой установки 6 по трубопроводам 19, 20 и 21 подают в рубашки теплообменников 17 и 18 и далее по трубопроводам 22 и 23 сбрасывают в атмосферу. Для глубокой утилизации теплоты в систему электропитания электронагревателей 4 дополнительно подают электроэнергию от термоэлектрических элементов 24, охлаждая продукты пиролиза перед подачей их в теплосиловую установку, теплонапряженные поверхности теплосиловой установки, отработавшие газы перед сбросом в атмосферу.

При неполном термическом разложении исходного топлива жидкую фазу продуктов пиролиза подают на рециркуляцию по трубопроводам 25, 1, 10 или 13 в теплообменники 17 или 18, а затем по трубопроводам 11 и 14 в реакторы 3 или 15 соответственно. В том случае, когда термическому разложению подвергают только часть исходного топлива, остальную часть подают по трубопроводу 26 в теплосиловую установку. При этом в случае неполного термического разложения исходного топлива жидкую фазу продуктов разложения по трубопроводам 25, 27 вместе с исходным топливом, не подвергнутым разложению, подают в теплосиловую

установку, а газообразную фазу направляют в теплосиловую установку по трубопроводу 28 вместе с воздухом, поступающим по трубопроводу 29. Для удаления кокса часть горячих отработавших газов из теплосиловой установки по трубопроводам 19, 30, 10, 11 или 31, 13, 14 подают соответственно в реакторы 3 или 15 и далее по трубопроводам 9 или 16 сбрасывают в атмосферу. Продукты окисления кокса содержат горючие компоненты, основным из которых является окись углерода (до 20%), при этом по одному из вариантов их подают по трубопроводам 5 или 32, далее по трубопроводу 28 вместе с продуктами разложения в теплосиловую установку для сжигания.

Результаты испытания опытного образца электропиролизера на экспериментальной установке совместно с дизель-генератором 248,5/11 позволили сделать следующие выводы:

- выбранный способ конверсии топлива полностью удовлетворяет поставленным требованиям;
- проведение процесса пиролиза без каких-либо окислителей позволяет получать пирогаз, в котором полностью отсутствует балласт, т.е. с максимально возможной теплотворной способностью ($H=8000$ Ккал/куб.м);
- степень разложения углеводородного сырья можно изменять практически от 0 до 1;
- изменением времени контакта сырья можно регулировать глубину разложения до водорода и метана, т.е. регулировать концентрацию водорода в пирогазе;
- выбранный способ подвода энергии в реакционную зону позволяет: с высокой скоростью изменять режим процесса, подводить достаточное количество тепловой энергии к реагентам, быстро удалять пироуглерод из реакционной зоны, использовать для пиролиза любое жидкое углеводородное сырье вплоть до сырой нефти, использовать для изготовления реакционной зоны любые огнеупоры, что дает возможность повысить максимальную температуру процесса и до минимума снизить тепловые потери;
- отсутствие больших теплообменных поверхностей и малый объем пирогаза, из-за отсутствия в нём балласта, позволяет создать электропиролизер малых весогабаритов;
- отсутствие катализатора значительно удешевляет процесс и, главное, позволяет использовать любое углеводородное сырье, что открывает путь к реализации абсолютной многотопливности транспортных и стационарных теплосиловых установок.

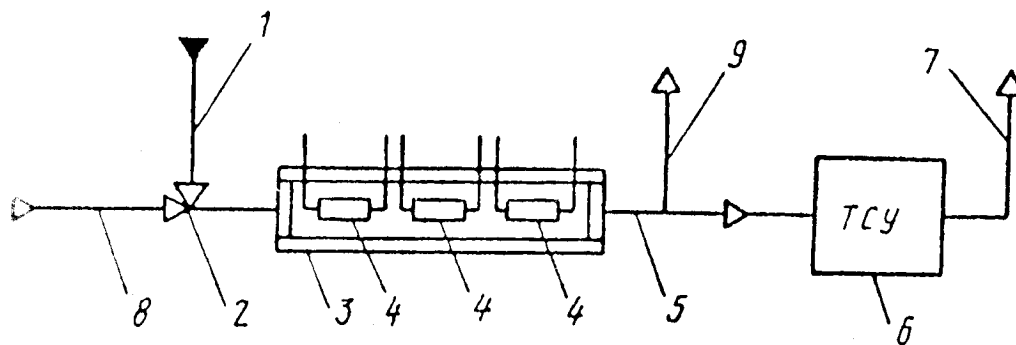


Рис. 1

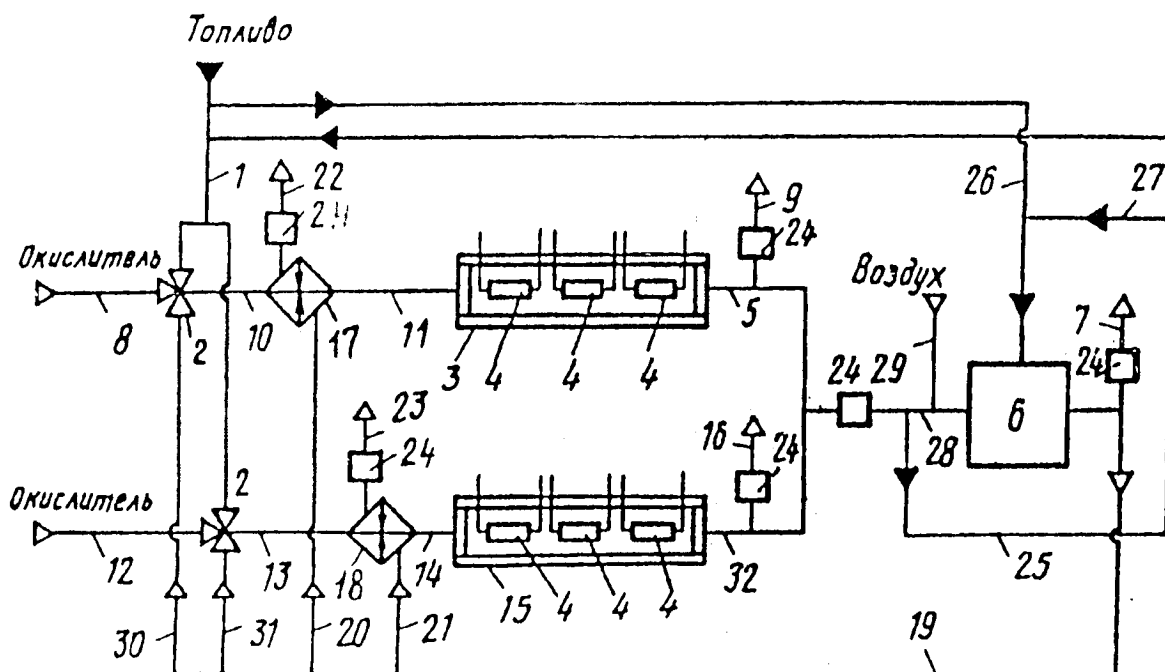


Рис. 2

1. Христианович С.А., Масленников В.М., Выскубенко Ю.А. и др. Защита атмосферы от вредных выбросов тепловых электростанций методом внутрицикловой газификации высокосернистых мазутов. — Теплоэнергетика, 1974, № 11. — с.52-56.

2. Смаль Ф.В., Арсенов Е.Е. Перспективные топлива для автомобилей. — М.: Транспорт, 1979. — 152 с.

3. Пат. № 2043516 Российская Федерация МКИ F02B43/08, F02M25/12. Способ предварительной обработки топлива перед сжиганием в теплосиловой установке // В.К.Судник (Украина). — 8 с. 2 ил.; Опубл. 10.09.95. Бюл. № 25.

4. Пат. № 15708 Украина, МКИ F02B43/08, F02M25/12. Спосіб попередньої обробки палива перед спалюванням в теплосиловій установці // В.К.Судник (Україна). — 8 с. 2 ил.; Опубл. 30.06.97. Бюл. № 3.