

Р. Е. Липантьев, Х. Э. Харлампиди

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ОБЕССЕРИВАНИЯ МАЗУТА В ЭЛЕКТРОДУГОВОМ РЕАКТОРЕ

Ключевые слова: электродуговой реактор, графитовые электроды, мазут.

Разработана новая технология, основанная на электродуговом методе удаления сернистых соединений из мазута. Для осуществления процесса обессеривания мазута, разработана и испытана электродуговая установка. Получены результаты улучшения эксплуатационных свойств мазута M100.

Keywords: electric arc reactor, graphite electrodes, fuel oil.

A new technology based on the electric arc method removal of sulfur compounds from fuel oil. For the process of desulfurization of fuel oil, was developed and used tortured arc setting. The results improve the performance properties of fuel oil M100.

Мазут является остаточным продуктом перегонки нефти и по сравнению с дистиллятным сырьем характеризуется более высоким содержанием серо-, азот- и металлоорганических соединений, смол, асфальтенов, золы. Поиск новых методов выделения сернистых соединений из нефтепродуктов с разработкой рациональных технологий для их осуществления относятся к первостепенным задачам современных исследований в области нефтехимии.

Для удаления сернистых соединений из мазута авторами была разработана и испытана электродуговая установка, представленная на рис. 1. [1].

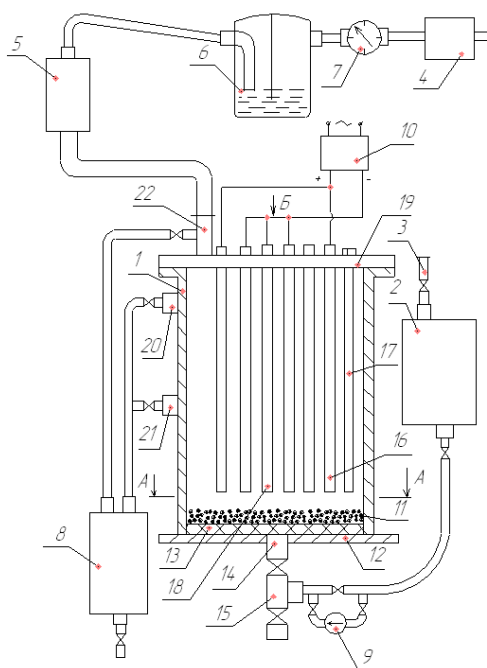


Рис. 1 - Схема установки для обессеривания мазута в электродуговом реакторе

Установка включает в себя: 1 – электродуговой реактор; 2 – напорный бак; 3 – линию топлива; 4 – абсорбер; 5 – холодильник; 6 – барботер; 7 – газовый счетчик; 8 – сливной бак; 9 – насос байпасной линии; 10 – преобразователь электрического тока. Электродуговой реактор имеет: 11 – графитовый электрод; 12 – основание; 13 – перфорирован-

ную изолирующую решетку; 14 – штуцер с перфорированным диском-решеткой; 15 – тройник; 16 – неподвижный положительный электрод; 17 – неподвижный неподключенный электрод; 18 – неподвижный отрицательный электрод; 19 – крышка реактора; 20 – переливной штуцер; 21 – штуцер подачи обессеренного топлива; 22 – штуцер для выхода газа.

В процессе разработки электродугового реактора установки были поставлены следующие задачи: конструкция реактора должна гарантировать стабильность технологических параметров и устойчивость температурного режима обессеривания мазутов при интенсивном тепло- и массообмене в системе; эффективное перемешивание с целью исключения локальных перегревов массы мазута, находящегося в реакторе; устойчивая работа реактора обеспечивающая, высокую степень удаления серы из мазута без побочных процессов смолообразования [1, 5, 3].

Технологический процесс, протекающий в электродуговом реакторе, в соответствии со схемой, приведенной на рис. 1., заключается в следующем. Мазут, предварительно подогретый в напорном баке до температуры 90 °С, поступаая из линии топлива 3, попадает в напорный бак 2, после чего, за счет разности гидростатических давлений напорного бака 2 и электродугового реактора 1, направляется по трубопроводу в тройник 15, а за тем в штуцер с перфорированным диском-решеткой 14, для подачи мазута в электродуговой реактор 1. Для поддержания и возможного увеличения давления мазута в случае снижения его температуры до нижнего предела текучести, установлен насос байпасной линии 9.

Температура мазута в напорном баке и в электродуговом реакторе, измеряется медными термометрами сопротивления ТСМ-1187 (класс точности 1,5), сигнал с которых преобразуется в унифицированный 0-5 мА с помощью нормирующих преобразователей Ш-705И. Далее эти сигналы поступают на щит управления, где установлен вторичный показывающий двухканальный прибор типа «Овен ТРМ200».

Измерение уровня мазута в напорном баке осуществляется при помощи магнитного поплавкового уровнямера «ПДУ-И» установленном непо-

средственно по месту. Магнитный поплавковый уровнемер конструктивно состоит из измерительного стержня и магнитного поплавка, перемещающегося вдоль стержня. В качестве чувствительного элемента в последнем используются магниточувствительные герконы в герметичных пластиковых корпусах с шагом 1 геркон на 10 мм длины. При изменении вертикального положения поплавка вдоль чувствительного стержня в результате подъема или спада уровня жидкости изменяется выходное сопротивление датчика, которое обрабатывается измерительной схемой и преобразуется в аналоговый токовый сигнал 4-20 мА. Таким образом, выходной сигнал аналогового уровнемера прямо пропорционален уровню жидкости. Затем этот сигнал направляется на прибор для автоматического регулирования жидкости «САУ-М2». Регулирующее воздействие с «САУ-М2» поступает на пускатель ПБР-2М, который управляет исполнительным механизмом, регулирующим подачу мазута на напорном трубопроводе мазута.

Контроль уровня мазута в электродуговом реакторе производится по аналогичной схеме. При повышении уровня мазута в электродуговом реакторе, регулирующее воздействие с «САУ-М2» поступает на пускатель ПБР-2М, который управляет исполнительным механизмом, регулирующим подачу мазута непосредственно на входе в электродуговую реактор.

В электродуговом реакторе 1 обессеривание мазута происходит в электрической дуге, вызванной колебательными движениями подвижных графитовых электродов 11, имеющих форму шарика, между неподвижными электродами 16, 17, 18 из нержавеющей стали. В электродуговом разряде под воздействием высоких температур, достигающих в искре 1500 °С, происходит избирательное разрушение сернистых соединений с последующим их переходом в парогазовое состояние. Для зажигания дуги между неподвижными и подвижными электродами необходимо постоянно подводить мазут, который в свою очередь приводит графитовые шарики (подвижные электроды) в движение. В месте контакта, обладающем очень большим сопротивлением, выделяется тепло проходящее через графитовые шарики. Поверхности графитовых шариков сильно разогреваются, и этого достаточно для того, чтобы при их движении между ними вспыхнула дуга [1-5].

Реактор содержит четыре положительных, четыре отрицательных и четыре неподключенных неподвижных электродов из нержавеющей стали, верхние концы которых закреплены непосредственно в его крышке 19, а их нижние концы находятся над слоем подвижных графитовых частиц 11, выполняющих функцию подвижных электродов. Такой порядок размещения электродов стабилизирует микрозаряды, увеличивая их в объеме, поскольку одновременно возникает множество центров параллельных и перекрестных микродуг в промежутках между соседними электродами. Более того, плотность электрических разрядов в объеме мазута увеличивается за счет образования множества электродуг не только около нижних концов токопроводя-

щих электродов 16, 18, но и при контакте их по всей рабочей длине с взвешенными в жидкой фазе графитовыми твердыми частицами – подвижными электродами. Значительная часть графитовых подвижных электродов постоянно находится во взвешенном состоянии под действием восходящего потока мазута, поступающего в реактор снизу через изолирующую перфорированную решетку 13, которая имеет отверстия достаточные для прохождения мазута, но меньшие размером по сравнению с графитовыми шариками, что исключает попадание шариков в трубопровод при остановке реактора и изолирует его основание. Установка четырех промежуточных контактирующих неподвижных электродов 17, неподключенных к токоподводу, способствует равномерному распределению электрических дуг по контурам в искровых промежутках токопроводящих электродов 16, 18. Наличие постоянных контактирующих электродов, между противостоящими основными токоподводящими электродами повышает кратность контактирования с подвижными электродами – твердыми графитовыми частицами, следовательно, возрастает надежность дискретной разрядки в системе.

При прохождении мазута через электродуговую реактор, происходит его разделение на две части – жидкую и газообразную. Жидкая составляющая представляет собой обессеренный мазут, который направляется через штуцер подачи обессеренного топлива 21 в сливной бак 8. В случае неконтролируемого расхода мазута предусмотрен переливной штуцер 20, позволяющий эффективно регулировать процесс прохождения последнего через электродуговую реактор. Газообразная часть имеет низкую плотность – 1,25 кг/м³ (определена по ГОСТ 17310-2002) и направляется в расположенный в крышке реактора 19 штуцер для выхода газа 22, далее в холодильник 5, где происходит его охлаждение, после чего газ проходит первичную очистку в барботере 6, и после газового счетчика 7, направляется на вторичную очистку в абсорбер 4.

Для проведения эксперимента в качестве объекта исследования был использован топочный мазут марки М100 Нижнекамского НПЗ, соответствующий ГОСТ 10585-99 (табл. 1).

Таблица 1 - Паспортные характеристики мазута М100 соответствующего ГОСТ 10585-99

Параметр	Значение	Метод испытания
Условная вязкость при 80 °С, °ВУ	16	ГОСТ 6258
Содержание серы, %	3,5	ГОСТ 3877
Содержание воды, %	1,0	ГОСТ 2477
Температура застывания, °С	25	ГОСТ 20287
Низшая теплота сгорания, кДж/кг	39900	ГОСТ 21261
Плотность при 20 °С, кг/м ³	980	ГОСТ 3900

Состав образовавшихся газов при обессеривании мазута в электродуговом реакторе определял-

ся в соответствии с ГОСТ 23781-87. В результате обессеривания исследуемого мазута в электродуговом реакторе образовавшаяся газообразная смесь содержит: C_2H_4 (этилен) – 7,87 %, CH_4 (метан) – 6,95 %, C_2H_6 (этан) – 3,18 %, H_2S (сероводород) – 2,62 %, H_2 (водород) – 51,64 %, C_2H_2 (ацетилен) – 27,74 %. Большое количество водорода и ацетилена указывает на высокую калорийность образовавшейся газообразной смеси. После очистки от серосодержащих соединений полученная газообразная смесь может быть использована в качестве эффективного и экологически чистого топлива [1-4].

В таблице 2. приведены фактические физико-химические показатели исследуемого мазута М100 до и после обработки в электродуговом реакторе, которые определялись согласно методам испытания, представленным в таблице 1.

Таблица 2 - Физико-химические характеристики мазута М100 до и после обессеривания в электродуговом реакторе

Параметр	Значение	
	До обессеривания	После обессеривания
Условная вязкость при 80 °С, °ВУ	10,0	8,69
Содержание серы, %	3,5	0,42
Содержание воды, %	1,0	Нет
Температура застывания, °С	25,5	18,9
Низшая теплота сгорания, кДж/кг	36870	42800
Плотность при 20 °С, кг/м ³	978	931,4

Из данных таблицы 2. следует, что после обработки в электродуговом реакторе, физико-химические характеристики исследуемого мазута в значительной степени изменились, о чем свидетельствуют: снижение вязкости от 10 °ВУ до 8,69 °ВУ или на 13,1 %; плотности от 978 кг/м³ до 931,4 кг/м³ или на 4,6 % и концентрации серы от 3,5 % до 0,42 % соответственно. При этом температура застывания понизилась от 25,5 °С до 18,9 °С или на 25,9 %. В ходе исследования стало известно, что низшая теплота сгорания мазута до обессеривания в электродуговом реакторе была равна 36870 кДж/кг, а после обессеривания изменилась и стала равна 42800 кДж/кг.

Конструкция электродугового реактора, позволяющая сократить время контактирования мазута в области высоких температур, обеспечивает необхо-

димые условия тепломассообмена для осуществления термолитиза без локального перегрева при оптимальном режиме обессеривания мазута. Высокая стабильность электрических дуг обеспечивает максимальную селективность процесса. Простота и надежность конструкции реактора, высокая турбулизация жидкой среды, отсутствие ограничений размеров и производительности реактора открывают широкие возможности его использования для осуществления гетерофазного процесса в системе жидкостно-твердое тело, в частности, при обессеривании жидких органических топлив используемых в энергетических котлах тепловых электрических станций и промышленно-отопительных котельных [1, 6].

Выводы

1. Разработан новый электродуговой метод удаления сернистых соединений из нефтепродуктов.
2. Получены результаты исследования физико-химических характеристик мазута М100 после обессеривания в электродуговом реакторе.
3. Технология обессеривания мазута в микрозрадах может найти широкое применение при подготовке жидкого органического топлива к сжиганию в энергетических котлах тепловых электрических станций.

Литература

1. Липантьев Р.Е., Тутубалина В.П. Установка для обессеривания мазута методом газификации // Известия вузов. Проблемы энергетики. – 2010. – №5-6 С. 146-149.
2. Гурвич Л.В., Карачевцев Г.В., Кондратьев В.Н., Лебедев Ю.А., Медведев В.А., Потапов В.К., Ходеев Ю.С. Энергии разрыва химических связей. Потенциалы ионизации и сродство к электрону – М.: Наука. – 1974 – 351 с.
3. Нахибуллина А.И., Шувалов Э.С., Харлампиди Х.Э. Создание гибкой технологической схемы переработки газового конденсата // Вестник Казанского Технологического Университета. – 2011. – Вып. 5. – С. 81-89.
4. Липантьев Р.Е., Тутубалина В.П. Исследование работы электрических станций на сернистых и малосернистых мазутах // Известия вузов. Проблемы энергетики. – 2010. – №7-8 – С. 12-15.
5. Патент РФ №107152 МПК C10G15/08 Устройство для подготовки высокосернистых мазутов к сжиганию // Липантьев Р.Е., Тутубалина В.П. – Патентообладатель ФГБОУ ВПО «КГЭУ». – №2011112556; Заявл. 1.04.2011, Оpubл. 10.08.2011.
6. Зарифьянова М.З., Вафина С.Д., Валиуллина Р.Р., Аристов И.В., Константинова А.В., Харлампиди Х.Э. Кинетика окисления сульфидов дизельных фракций в присутствии ледяной уксусной кислоты // Вестник Казанского Технологического Университета. – 2012. – Т.15. – Вып. 9. – С. 196-198.