

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

УДК 662.737

Н.И. Федорова, Ю.Ф. Патраков, В.Г. Сурков, А.К. Головко

АНАЛИЗ ХАРАКТЕРА ГОРЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ ТОПЛИВ, ПОЛУЧЕННЫХ КАВИТАЦИОННЫМ МЕТОДОМ

Все стадии нефтепользования, начиная с разведки и добычи нефти и заканчивая использованием нефтепродуктов, приводят к сильному загрязнению окружающей среды. При работе предприятий нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей промышленности в атмосферу ежегодно выбрасывается около 2000 т химических веществ и сбрасывается в водные объекты более 70 млн. т загрязненных сточных вод [1]. Применяемые в настоящее время методы очистки сточных вод от нефтепродуктов дорогостоящие и не всегда высокоэффективные, особенно если воды сильно загрязнены. Кроме этого, твердые примеси, присутствующие в перерабатываемых и вспомогательных материалах на заводах нефтеперерабатывающей промышленности, приводят к образованию такого распространенного вида отходов, как нефтяные шламы, представляющие собой нефтяные остатки, содержащие в среднем 10-56% нефтепродуктов, 30-85% воды и 1-46% твердых примесей. Выход их составляет около 7 кг на 1 т перерабатываемой нефти, что приводит к скоплению огромных масс отходов на нефтеперерабатывающих предприятиях [2].

К сверхтяжелым фракциям нефтепереработки относятся гудроны, составляющие значительную часть продуктов дистillationи нефти. В зависимости от состава нефти и способа ее переработки эта часть может колебаться в пределах 10-35% выхода от массы нефти [3]. Не-

посредственно в качестве котельного топлива гудроны не могут быть использованы из-за их высокой вязкости, которая примерно в 10 раз выше, чем вязкость мазута М-100. В настоящее время часть гудрона (до 40%) перерабатывается в различные виды битумы и реализуется дорожно-строительным организациям. Небольшое количество гудронов с добавлением до 30-35% среднедистиллятных и легких фракций перерабатывается в низкосортный (непригодный для хранения) дорогостоящий топочный мазут и реализуется потребителям по цене прямогонного мазута, что экономически невыгодно. Остатки гудрона закачиваются в специальные хранилища, что небезопасно с экологической точки зрения и связано со значительными затратами [4].

С другой стороны, современные способы добычи и первичной переработки углей (сортировка и обогащение) сопровождаются накоплением больших количеств низкосортного топлива в виде отсевов мелких фракций и угольных шламов различной зольности, транспортировка, хранение и сжигание которых сопряжено с ухудшением экологической обстановки и со снижением эффективности работы технологического оборудования. Утилизация такого низкосортного топлива возможна в виде водоугольного топлива. Однако традиционное водоугольное топливо имеет относительно низкую калорийность, для повышения которой целесо-

образно приготавливать композиционное топливо, включая в его состав высококалорийные углеводороды, например, выше Указанные отходы нефтехимической промышленности, что позволило бы решить проблему их утилизации, более рационально подойти к решению проблемы энергосбережения, а также улучшить экологическую обстановку в регионах.

В то же время следует заметить, что традиционное использование жидких углеводородных продуктов нефтяного или угольного происхождения в качестве топлива в теплоэнергетических установках сопряжено со значительными трудностями в случае их обводненности. Вносимая с паром или попадающая в топливо иным способом вода распределяется, как правило, в виде слоевых или линзообразных скоплений, которые при подаче топлива к горелкам приводят к нарушению теплового режима топки или даже к срыву пламени. Следовательно, целесообразно превращать обводненные жидкие топлива в тонкодисперсные устойчивые водоуглеводородные системы, эффективность сжигания которых подтверждена многочисленными исследованиями и промышленным применением [5,6]. Для приготовления однородных композиционных топлив можно использовать современные высокоэффективные устройства, такие как дезинтеграторы, вибромельницы, аппараты вихревого слоя, проточные мельницы-активаторы, кавитационные аппараты. Например,

Таблица 1. Характеристика угля, использованного для приготовления КОВУТ

Марка угля	Технический анализ, %		Элементный состав, % на daf			H/C	O/C
	W ^a	A ^d	C	H	(O+N+S)		
Д	3.6	5.0	79.3	5.5	15.5	0.83	0.15

принцип действия кавитатора основан на том, что грубая органо-водо-угольная смесь проходит через решетки или каналы переменного сечения при этом происходит сильная турбулизация и интенсивное перемешивание потока. В свою очередь это приводит к разрыву длинных полимерных цепей в нефтепродуктах, переводу их в новое структурное состояние, измельчению (диспергированию) до микронного уровня твердых частиц в жидкости, гомогенизации обрабатываемо-

го продукта и эмульгированию обычно не смешиваемых продуктов (например, мазут - вода),

Цель данной работы – исследование характера горения композиционных водосодержащих топлив различного состава, полученных с использованием насоса-кавитатора.

В качестве объектов исследования использовали композиционные органово-водоугольные топлива (КОВУТ) приготовленные на основе мазута, отработанного моторного масла, воды и угля марки Д шахты «Грамо-

теинская», характеристика которого приведена в табл. 1.

Композиционные топлива были приготовлены на установке, разработанной ООО «Технокомплекс» (г. Барнаул), основным аппаратом которой является насос-кавитатор. Физико-химические характеристики топливных композиций приведены в табл. 2.

Полученные композиционные топлива достаточно стабильны. Наибольшей стабильностью обладает топливная смесь, приготовленная с использованием отработанного моторного масла, воды и угля, что вероятно связано с меньшей вязкостью и более высокими эмульгирующими свойствами масла по сравнению с мазутом.

Поскольку горение гетерогенных углеводородных топлив

Таблица 2. Физико-химические характеристики КОВУТ

Определяемый параметр	Смесь (1) на основе: отработ. масло + вода + уголь	Смесь (2) на основе: мазут + вода + уголь	Смесь(3) на основе: мазут + вода
Вязкость условная при 80 °C, град ⁻¹	Нет свободного истечения	Нет свободного истечения	4.0
Температура застывания, °C	-0.5	Не определяется	-15
Стабильность	более 6 мес	более 30 суток	До 7 суток
Массовая доля, %			
уголь	45.0	60.0	нет
мазут (масло)	30.0	20.0	90.0
вода	25.0	20.0	10.0

Таблица 3. Время горения мазута, водомазутной эмульсии и КОВУТ

Состав	Температура в муфельной печи, °C	Время кавитаци- онной обработки, мин	Время нагрева перед воспламенением, сек	Время горе- ния паров, сек
Мазут	500	0	10	5
	500	5	5	5
	500	15	6	5
	600	0	3	5
	600	5	2	4
	600	15	2	4
	700	0	0.5	2
	700	5	0.5	2
Смесь (3): мазут + вода	700	15	0.5	2
	500	10	5	5
	600	10	2	4
Смесь (2): мазут + вода + уголь	700	10	1	2
	500	15	30	35
	600	15	24	19
Смесь (1): отработ. масло + вода + уголь	800	15	3	10
	600	15	42	53
	800	15	5	28

сложный и многостадийный процесс, то на данном этапе работы нами были выполнены исследования, позволяющие дать только общую характеристику изучаемому процессу. Эксперименты по сжиганию топлив проводились в условиях моделирующих предварительный разогрев, испарение летучих компонентов КОВУТ и их сгорание в факеле пламени.

Опыты проводили в следующей последовательности. Навеску исследуемого образца (мазут $\sim 0,05$ грамм, КОВУТ ~ 1 грамм) в чашечке из танталовой фольги, помещали в муфельную печь, нагретую до заданной температуры. Для обеспечения равномерности прогрева, муфель выдерживался при заданной температуре в течение 4 часов. С помощью секундометра измерялись время нагрева навески перед воспламенением и время горения летучих продуктов. Весовым методом определялся коксовый остаток после выгорания паров топлива. Измерения проводились не менее 3-х раз, полученные результаты усреднялись. Визуально оценивался характер горения исследуемых образцов. Полученные данные приведены в табл. 3.

При исследовании характера процесса горения исходного мазута, а также мазута и его смеси с водой подвергнутых кавитационной обработке, было установлено, что образцы, помещенные в муфельную печь при заданной температуре, в начале прогреваются, затем начинается испарение летучих продуктов, после чего происходит их вспышка, и далее топливо сгорает равномерным устойчивым пламенем. По мере увеличения температуры в муфельной печи задержка воспламенения уменьшается и при 700°C топлива вспыхивают практически мгновенно (табл. 3). При этом следует отметить, что кавитационная обработка образцов мазута приводит к снижению времени перед воспламенением топлива. На рис. 1 при-

ведена зависимость выхода коксового остатка от температуры горения исследованных образ-

щихся в мазуте на более легкие фракции способных к полному их выгоранию при более низких

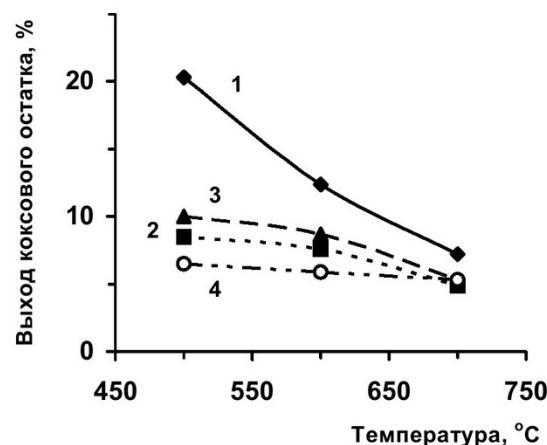


Рис. 1. Зависимость выхода коксового остатка от температуры горения мазута: исходного (1), подвергнутого кавитационной обработке 5 мин (2), 15 мин (3) и в смеси с водой в течение 10 мин (4)

цов мазута.

Установлено, что образцы мазута, обработанные в насос-кавитаторе, при всех исследованных температурах сгорают более полно, что особенно наглядно видно при температуре 500°C , наблюдается снижение выхода коксового остатка практически в 2 раза. Вероятно это свидетельство того, что в ходе кавитационной обработки происходит деструкция части тяжелых углеводородов содержа-

щихся в мазуте на более легкие фракции способных к полному их выгоранию при более низких температурах. При этом лучшие результаты показала смесь мазута с водой (рис. 1). Полученный результат имеет практическую ценность, так как известно, что водомазутная эмульсия типа «вода в масле» образуется при принудительном смещивании и обладает устойчивостью, обусловленной высоким содержанием природных эмульгаторов в самом мазуте, которые образуют прочные адсорбционно-сольватные обо-

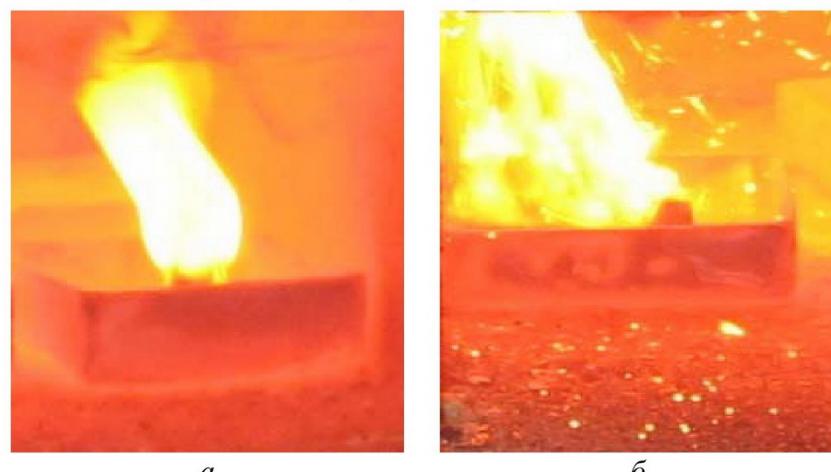


Рис. 2. Фотографии горения композиционных органическо-угольных топлив, приготовленных на установке с использованием насоса-кавитатора, на основе: отработанного масла, воды и угля (а) и мазута, воды и угля (б)

лочки вокруг молекул воды. Капли такой водомазутной эмульсии, попадая в зону сгорания, подвергаются воздействию высоких температур. Вода, заключенная в оболочку топлива, нагревается и за счет разности температур кипения воды и мазута, переходя в парообразное состояние, разрывает оболочку, т.е. происходит «микровзрыв» каждой капли топлива. Это явление играет роль вторичного диспергирования топлива, тем самым, способствуя увеличению скорости и полноты его сгорания. Одновременное уменьшение времени пребывания продуктов сгорания в зоне высоких температур, снижение температурного уровня процесса горения вследствие затрат тепла на испарение воды, отсутствие локальных высокотемпературных зон из-за вторичного диспергирования топлива в самом факеле и уменьшение необходимости концентрации окислителя благоприятствуют снижению образования окислов азота в большей степени, чем

при непосредственном впрыске воды или пара в зону горения [7].

Равномерное устойчивое горение наблюдается для КОВУТ приготовленного на основе угля, воды и отработанного моторного масла. Однако следует отметить, что его воспламенение происходит при более высокой температуре (600°C), что вероятно связано с большей теплоемкостью изученной смеси.

Некоторое отличие в характере горения имеется для КОВУТ приготовленного с использованием мазута, воды и угля. При температурах 500 и 600°C смесь воспламеняется с достаточно большой задержкой (30-25 сек) относительно водомазутной эмульсии. При возгорании смеси при данных температурах в факеле наблюдаются ярко светящиеся частицы горящего угля и только при достижении температуры 800°C происходит устойчивое горение композиционного топлива. Наличие свящающихся частиц угля в

факеле, вероятно, объясняется меньшей гомогенностью данного топлива, т.е. наличием относительно крупных капель воды в его составе, что приводит к их более мощным «микровзрывам» при высоких температурах и как следствие к выносу угольных частиц из зоны горения. Для предотвращения данного явления, вероятно, необходимо скорректировать рецептуру данного КОВУТ в сторону увеличения жидкой фазы либо изменить время кавитационного воздействия.

Таким образом, проведенными исследованиями показано, что с использованием кавитационного принципа воздействия можно получать композиционные топлива различного состава, обладающие устойчивым равномерным горением.

Работа выполнена при финансовой поддержке Гранта РФФИ № 07-08-96020 Р_урал_a.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Госсен Л.П., Величкина Л.М. Экологические проблемы нефтегазового комплекса // Нефтехимия. 2006. Т. 46. №2. С. 83-88.
- Кормилицин В.И., Исмаилов Э.Я. Огневое обезвреживание замазученных и замасленных вод энергетических предприятий // Российский химический журнал. 1997. №6. С. 67-68.
- Батуева И.Ю., Гарле А.А., Поконова Ю.В. Химия нефти. Л.: Химия, 1984. 360 с.
- Хилько С.Л., Титов Е.В. Получение и реологические свойства эмульсионных топливных композиций на основе гудронов // Журнал прикладной химии. 2000. Т. 73. Вып. 8. С. 1383-1386.
- Зайденварг В.Е., Трубецкой К.Н., Мурко В.И., Нехороший И.Х. Производство и использование водоугольного топлива. -М.: Из-во Академии горных наук, 2001. 176 с.
- Иванов В.М., Канторович Б.В. Топливные эмульсии и суспензии. -М.: Металлургиздат, 1963. 181 с.
- Горлов Е.Г. Композиционные водосодержащие топлива из углей и нефтепродуктов //Химия твердого топлива, 2004. №6. С. 50-61.

□ Авторы статьи:

Федорова Наталья Ивановна – канд. хим. наук, с.н.с. лаб. химии и химической технологии угля Институ- та угля и углехимии СО РАН (г. Кемерово)	Патраков Юрий Федорович – докт. хим. наук, зав. ла- бораторией химии и хими- ческой технологии угля Института угля и углехи- мии СО РАН (г. Кемерово)	Сурков Владимир Григорьевич – канд. хим. наук, с.н.с. лаб. углеводородов и ВМС нефти Института химии нефти СО РАН (г. Томск)	Головко Анатолий Кузьмич – докт. хим. наук, зав. ла- бораторией углеводородов и ВМС нефти Института химии нефти СО РАН (г. Томск)
---	---	--	---