

УДК 628162.5

УЛУЧШЕНИЕ ВЯЗКОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КОТЕЛЬНОГО ТОПЛИВА ПРИСАДКАМИ

© 2016 г. Э. Р. Зверева, Г. Р. Мингалеева, Р. В. Хабибуллина, Г. Р. Ахметвалиева

Казанский государственный энергетический университет

Исследовательский центр проблем энергетики Казанского научного центра РАН

E-mail: belvira6@list.ru

Поступила в редакцию 30.10.2014 г.

Приведены результаты экспериментальных исследований вязкости смеси мазута с жидкой присадкой Дипрокс и твердой присадкой на основе карбонатного шлама водоподготовки. Экспериментально выявлено влияние этих присадок на вязкостные характеристики мазута. Проведена оценка экономической эффективности автоматизированных систем дозирования твердой и жидкой присадок в топочный мазут.

Ключевые слова: топочный мазут, динамическая вязкость, скорость сдвига, неньютоновская жидкость, присадка Дипрокс, карбонатный шлам, система автоматического дозирования.

DOI: 10.7868/S0028242115060210

Ограниченность нефтяных ресурсов и рост перспективной потребности в моторных топливах определяют в качестве основного направления развития нефтеперерабатывающей отрасли до 2030 г. глубокую переработку нефтяных остатков [1]. В связи с этим перед потребителями встает вопрос о повышении качества топочного мазута [2–3], которое оказывает существенное влияние на условия его транспортировки, хранения и сжигания, на объем выбросов вредных веществ в атмосферу, а также на работу основного и вспомогательного оборудования ТЭС [4].

Одним из способов улучшения качества мазута является добавление присадок, способствующих предотвращению интенсивного окисления поверхностей нагрева, образования отложений и осадков, снижению износа и коррозии, улучшению вязкостно-температурных и других эксплуатационных характеристик котельного топлива [5].

Цель данной работы заключается в изучении влияния присадок различного химического состава на вязкостные характеристики мазута, определяющие продолжительность сливно-наливных операций, эффективность транспортировки по трубопроводам, качество распыления мазута и полноту его сжигания, а также в определении экономической эффективности внедрения систем автоматического дозирования присадок в топочный мазут.

Вязкость мазута является важнейшей эксплуатационной характеристикой. Оптимальные значения вязкости мазута перед форсунками при температуре от 80 до 100°C находятся в диапазоне от 16.1

до 59 мм²/с в зависимости от типа применяемых форсунок. Снижение вязкости топлива обеспечивает лучшую прокачиваемость мазута по трубопроводам и позволяет снизить интенсивность его нагрева на стадии подготовки к сжиганию.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Пробы мазута, смеси мазута с Дипроксом и мазута с присадкой на основе карбонатного шлама (концентрация присадок 0.5 мас. %) были исследованы с помощью ротационного вискозиметра Rheomat RM 100 на предмет определения значений динамической вязкости при различных скоростях сдвига.

Определение динамической вязкости заключалось в измерении напряжения сдвига, возникающего в исследуемом образце мазута, помещенном в узкий зазор между вращающимся и неподвижным коаксиальными цилиндрами. Угловая скорость варьировалась в широких пределах — от 2 до 300 с⁻¹. Вращающий момент в измерительной системе, пропорциональный тангенциальному напряжению в кольцевом зазоре, измерялся и преобразовывался в электрический сигнал. Значения вязкости вычислялись при помощи встроенного микропроцессора, анализирующего изменения крутящего момента и скорости сдвига. Температура образца измерялась погружением датчика температуры Pt100 в исследуемый образец мазута. Нагрев мазута осуществлялся за счет передачи тепла от тормозной жидкости, находящейся в стакане, в которую погружен цилиндр с исследуемым

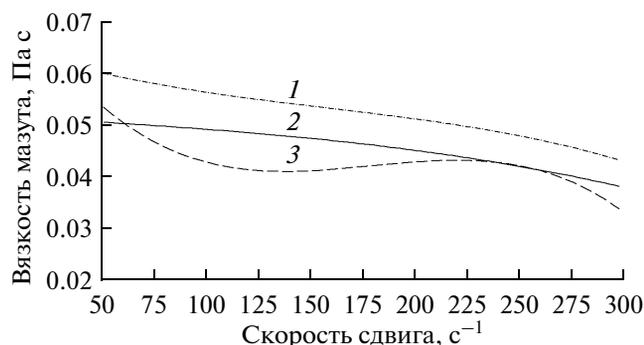


Рис. 1. Зависимость динамической вязкости проб мазута от скорости сдвига при $T = 75^\circ\text{C}$: 1 – чистый мазут, 2 – смесь мазута с карбонатным шламом, 3 – смесь мазута с Дипроксом.

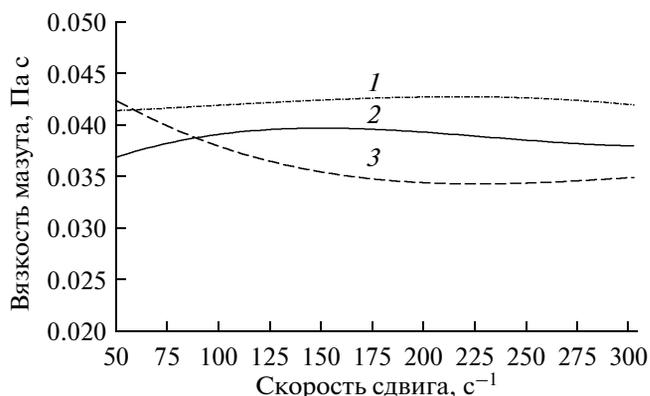


Рис. 2. Зависимость динамической вязкости проб мазута от скорости сдвига при $T = 85^\circ\text{C}$: 1 – чистый мазут, 2 – смесь мазута с карбонатным шламом, 3 – смесь мазута с Дипроксом.

образом. Изменение температуры тормозной жидкости происходит за счет электрического нагрева. Измерения вязкости мазута производились при различных температурах и скоростях сдвига.

Работа вискозиметра производится управлением с персонального компьютера через программное обеспечение “VISCO-RM SOFT”.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты экспериментальных исследований с учетом погрешности эксперимента в графическом виде представлены на рис. 1–2.

Из рис. 1 видно, что с повышением скорости перемещения слоев топлива вязкость уменьшается до определенного предела, это связано с тем, что присадка Дипрокс распределяется между слоями мазута, снижая трение между ними. При увеличении скорости сдвига до $225\text{--}230\text{ с}^{-1}$ возможно происходит агрегирование слоев и их взаимное торможение, затем при перераспределении присадки между вновь образовавшимися слоями снова возникает тенденция снижения вязкости.

Аномалия вязкости котельных топлив заключается в понижении вязкости после термообработки или соответствующего механического воздействия. Такое явление обусловлено присутствием в топочном мазуте высокомолекулярных алканов и асфальтено-смолистых веществ. По мере того, как скорость сдвига увеличивается, динамическая вязкость мазута при температуре 75°C уменьшается. Когда вся структура полностью разрушена, наблюдается минимальная вязкость. При более высокой температуре (рис. 2) данная аномалия не проявляется.

По истечении некоторого времени пространственная структура углеводородов восстанавливается, и вязкость повышается, достигая первоначального значения, что свидетельствует о том,

что мазут ведет себя как неньютоновская жидкость, обладающая тиксотропными свойствами. Образование структуры значительно ухудшает прокачиваемость мазутов.

Как видно из приведенных выше рисунков, присадка Дипрокс и присадка на основе карбонатного шлама позволяют улучшить эксплуатационные свойства топочных мазутов – снизить вязкость чистого мазута в случае Дипрокса на $19.05\text{--}21.43\%$, в случае карбонатного шлама – на $7.14\text{--}9.52\%$ (при концентрации присадки в мазуте $0.5\text{ мас. } \%$), что минимизирует расход тепла на подогрев мазута при разгрузке из цистерн, хранении и транспортировке.

Значение присадок заключается в модификации поверхности кристаллов парафинов таким образом, что они теряют способность к слипанию. В результате снижаются вязкость и температура застывания мазута. Суть механизма действия присадок в мазуте состоит в повышении стабильности гетерогенной системы, вследствие уменьшения размера частиц ее дисперсной фазы, а взаимодействие присадок с топливными дисперсными системами происходит по адсорбционному механизму [6–7]. Присадка Дипрокс препятствует ассоциации кристаллов парафинов, встраиваясь в структуру кристалла парафина неполярной частью, а полярные части, оставшиеся снаружи, мешают новым молекулам парафина осесть на кристалле, увеличив его размер. Присадка на основе карбонатного шлама адсорбируется на поверхности кристалла парафина, уменьшает их поверхностную энергию и препятствует сближению и ассоциации кристаллов парафинов в упорядоченную структуру.

Для эффективного использования присадки к топочному мазуту разработана принципиальная схема дозирования. При разработке схемы учитывали, что обработка мазута присадками необходима как при хранении его в резервуарах, так и

при подготовке топлива к сжиганию. Во всех случаях требуется обеспечить эффективное смешение присадки с топливом при наименьших энергетических и трудовых затратах. С учетом вышеперечисленных требований были разработаны принципиальные схемы дозирования твердых [8] и жидких присадок к нефтяным топливам [9].

Для внедрения дозирочного комплекса присадки к мазуту в систему топливного хозяйства необходимо провести оценку ее экономической эффективности. Согласно современным методам, наиболее корректной экономической оценкой эффективности инвестиций является метод расчета чистого дисконтированного дохода (ЧДД) [10–11].

Как показала оценка технико-экономической эффективности твердой и жидкой присадок экономический эффект применения карбонатного шлама и Дипрокса [12] составляет 3231.11 и 4728.93 тыс. руб./г, срок окупаемости – 3.51 и 5.75 месяцев соответственно.

Анализируя результаты расчетов технико-экономической эффективности внедрения присадки можно сказать, что использование в качестве присадок к топочному мазуту карбонатного шлама и Дипрокса является эффективным мероприятием (ЧДД принимает положительное значение).

В условиях продолжающегося ухудшения эксплуатационных свойств топочного мазута присадки обеспечивают комплекс физико-химических свойств, необходимых для нефтяных топлив различного назначения, и тем самым позволяют повысить эффективность использования жидкого топлива [13].

Таким образом, показано, что добавление присадок позволяет получать более низкие значения вязкости, в связи с чем уменьшаются энергетические затраты на подогрев мазута и его перекачку по трубопроводам. Отечественный и зарубежный опыт применения присадок к топочному мазуту показывает их безусловную целесообразность, а в случае сжигания низкокачественных высокосернистых мазутов – и необходимость. Разработанные нами технологические схемы дозирования присадок позволят в автоматическом режиме организовать приготовление присадки, добавле-

ние ее в мазут, тем самым обеспечат высокую надежность работы и экономичность котла.

Работа выполнена в рамках проектной части государственного задания в сфере научной деятельности (Задание №13.405.2014/К).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Энергетическая стратегия России до 2030 г. Утв. распоряжением Правительства РФ от 13 ноября 2009 г. № 1715-р.
2. *Зверева Э.Р., Фарахов Т.М.* Энергоресурсосберегающие технологии и аппараты ТЭС при работе на мазутах. М: Теплотехник. 2012. С. 181.
3. *Бергауз А.Л., Розенфельд Э.И.* Повышение эффективности сжигания топлива в нагревательных и термических печах. Л: Недра. 1984. 175 с.
4. *Зверева Э.Р.* Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. Казан. гос. энерг. ун-т, Казань, Казан. гос. энерг. ун-т, 2013.
5. *Зверева Э.Р., Мутугуллина И.А., Зиннатуллина Р.В., Хабибуллина А.Р.* // Известия ВУЗ. Проблемы энергетики. 2012. № 7–8. С. 28.
6. *Данилов А.М.* Применение присадок в топливах. М.: Мир. 2005. 288 с.
7. *Данилов А.М., Энглин Б.А., Селягина А.А.* Оптимизация нефтяных топлив присадками и добавками. М: ЦНИИТЭнефтехим. 1988. С. 63.
8. *Лантев А.Г., Зверева Э.Р., Ганина Л.В.* // Труды Академэнерго. 2011 № 1. С. 55.
9. *Зверева Э.Р., Мутугуллина И.А., Зиннатуллина Р.В.* Пат. РФ 133018. Система подготовки топочного мазута к сжиганию. Оpubл. В РЖХИМ 10.10.2013.
10. *Косов В.В., Лившиц В.Н., Шахназаров А.Г.,* Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов. М.: Экономика. 2000. 421 с.
11. *Шарнопольский Б.П.,* Методические основы современной оценки экономической эффективности инвестиций в техническое перевооружение и реконструкцию ТЭС. М.: ИУЭ ГУУ, ВИПК-энерго, ИПКгосслужбы, 2003. с. 36.
12. *Зверева Э.Р., Хабибуллина Р.В.* // Нефтепереработка и нефтехимия. 2014. № 12. С. 37.
13. *Зверева Э.Р., Ганина Л.В., Зиннатуллина Р.В.* // Технологии нефти и газа. 2014. № 1. С. 20.