



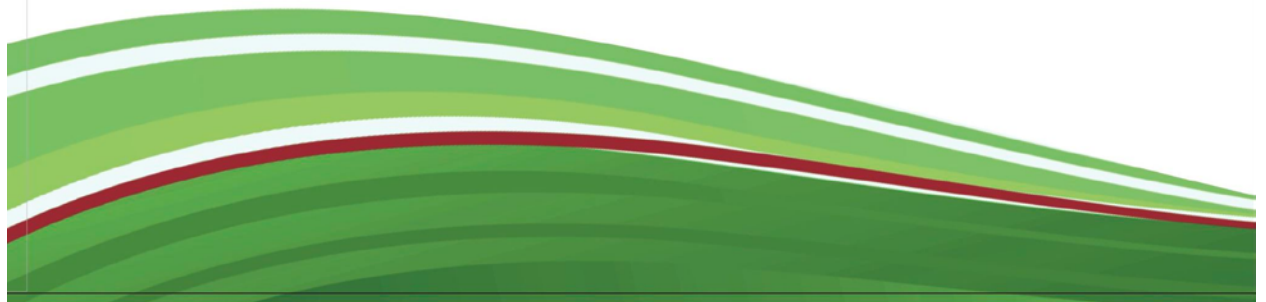
Кабинет Министров Республики Татарстан
Министерство промышленности и торговли Республики Татарстан
ГАУ «Центр энергосберегающих технологий Республики Татарстан
при Кабинете Министров Республики Татарстан»



ЭНЕРГОРЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В РЕСПУБЛИКЕ ТАТАРСТАН

Труды XVII Международного симпозиума
«Энергоресурсоэффективность
и энергосбережение»

14–16 марта
Казань — 2017



ЭНЕРГОРЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В РЕСПУБЛИКЕ ТАТАРСТАН

Труды
XVII Международного симпозиума
«Энергоресурсоэффективность и энергосбережение»

14–16 марта 2017 г.

Казань
2017

УДК 620.9 (470.41)
ББК 31.19 (2 Рос. Тат)
Э65

*Под общей редакцией директора
ГАУ «Центр энергосберегающих технологий Республики Татарстан
при Кабинете Министров Республики Татарстан»
доктора технических наук, профессора,
заслуженного энергетика Республики Татарстан,
лауреата премии Правительства Российской Федерации
в области науки и техники
Е.В. Мартынова*

С о с т а в и т е л и:

Е.В. Мартынов, В.В. Чесноков, С.В. Артамонова

Энергоресурсоэффективность и энергосбережение в Республике Татарстан: тр./под общ. ред. Е.В. Мартынова; сост.: Е.В. Мартынов, В.В. Чесноков, С. В. Артамонова // XVII Междунар. симп., Казань, 14–16 марта 2017 г./ – Казань: Издательство: ИП Шайхутдинов А.И., 2017. – 388 с.

ISBN 978-5-905861-15-4

Труды XVII Международного симпозиума посвящены актуальным проблемам повышения эффективности использования материальных и энергетических ресурсов, разработки и реализации региональных и производственных программ энергоресурсоэффективности.

Предназначены для специалистов, работающих в промышленности, энергетике, финансовых и банковских структурах, работников муниципальных образований, преподавателей учебных заведений, аспирантов и студентов.

Материалы докладов публикуются в авторской редакции.

Ответственность за содержание тезисов возлагается на авторов.

Все права защищены. Материалы Сборника трудов не могут быть воспроизведены в любой форме или любыми средствами, электронными или механическими, включая фотографирование, магнитную запись или иные средства копирования или сохранения информации, без письменного разрешения ГАУ «Центр энергосберегающих технологий Республики Татарстан при Кабинете Министров Республики Татарстан».

ISBN 978-5-905861-15-4

© ГАУ «Центр энергосберегающих технологий Республики Татарстан при Кабинете Министров Республики Татарстан», 2017 г.
© Оформление ИП Шайхутдинов А.И., 2017 г.

ИЗУЧЕНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОМПОЗИЦИОННОГО ВОДОУГОЛЬНОГО ТОПЛИВА

*Зверева Э. Р., Ахметвалиева Г. Р., Макарова А. О., Гафиятова Д. Р., Бурганова Ф. И.,
Шайхутдинова А. Р., Монгуш Ю. К., Зуева О. С.,
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»*

*Ермолаев Д. В.,
Казанский научный центр РАН,
г. Казань*

STUDY OF THE RHEOLOGICAL PROPERTIES OF COMPOSITE COAL WATER SLURRY FUEL

*Zvereva E. R., Akhmetvalieva G. R., Makarova A. O., Gafiyatova D. R., Burganova F. I.,
Shaikhutdinova A. R., Mongush Y. K., Zueva O. S.,
Kazan State Power Engineering University, Kazan*

*Yermolaev D. V.,
Kazan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Kazan*

Аннотация

Проанализированы возможности улучшения реологических свойств водоугольного топлива при различных температурах за счет присадок обезвоженного карбонатного шлама, добавленного в смесевое топливо в различных соотношениях (от 0,1 мас. % до 0,5 мас. %). Определены оптимальные значения концентрации присадки в исследованных образцах смесевое топлива, составляющие 0,3 мас. % и позволяющие почти на треть уменьшить вязкость водоугольного топлива. Выявлены особенности механизма влияния внедряемых наноструктурных образований на реологические характеристики топливных дисперсных систем.

Abstract

The possibilities of improving of the rheological properties of coal water slurry fuel at different temperatures due to the additives of the dehydrated carbonate slurry added to the mixed fuel in various ratios (from 0.1 mass% to 0.5 mass%) were analyzed. The optimum values of the additive concentration in the investigated samples of the mixed fuel were determined to be 0.3 mass% and allow to reduce the viscosity of the coal water slurry fuel by almost a third. The peculiarities of the mechanism of influence of introduced nanostructural formations on the rheological characteristics of fuel disperse systems were revealed.

Интенсивный поиск альтернативных источников энергии, способных заменить дорогостоящее природное топливо более дешевым, становится все более важным, поскольку подобное замещение позволило бы уменьшить топливную составляющую себестоимости готового продукта, величина которой на сегодняшний день доходит до 80%.

Уголь и в первую очередь различные виды водоугольного топлива (ВУТ) являются достойной альтернативой газовому топливу [1-4]. ВУТ представляет собой дисперсную топливную систему, состоящую из тонкоизмельченных частиц (100-300-500 мкм) угля, воды и присадки, либо реагента-пластификатора. Применение ВУТ позволяет использовать низкосортное топливо угольных шламов с одновременным снижением его взрыво- и пожароопасности и появлением более удобных способов транспортировки топлива, а также дает возможность сни-

зять выбросы оксидов азота и углерода в атмосферу по сравнению с твердым топливом [4]. Технология приготовления ВУТ достаточно проста и не требует крупных вложений, давая снижение себестоимости практически в два раза.

К преимуществам углей относят относительную дешевизну и большие запасы, что обеспечивает возможность надежных поставок на длительный период для нужд предприятий топливно-энергетического комплекса. Привлекательность ВУТ также связана с возможностью улучшения их теплотехнических характеристик за счет варьирования состава и применения различных добавок [3-4]. В частности, Россия обладает огромными запасами углей относительно невысокой стоимости. Поэтому необходимо разрабатывать технологии и технические решения для эффективного использования угольных топлив и альтернативных топлив на их основе для использования на тепловых электрических станциях и котельных промышленных предприятий.

Повсеместная газификация электрических станций в России несколько затормозила развитие наукоемких технологий по внедрению ВУТ. Однако при настоящей и ожидаемой выработке основных месторождений нефти и газа, запасы которых имеют тенденцию к сокращению, структура потребления энергоресурсов будет изменяться в сторону увеличения потребления угольного топлива.

Основной проблемой при использовании водоугольного топлива является его высокая вязкость, зависящая от содержания твердой фазы, температуры суспензии, состава угля, степени измельчения, состояния поверхности угольных частиц, применяемых добавок и т. д. [5-9]. Выявление механизмов управления вязкостью ВУТ позволит не только повысить текучесть топлива, что позволит транспортировать топливо по трубопроводам с наименьшими энергетическими затратами, но и даст возможность изготавливать топливные композиции с наперед заданными свойствами.

Целью данного исследования явилось изучение возможностей улучшения реологических свойств ВУТ при различных температурах за счет присадок обезвоженного карбонатного шлама, добавленного в смесевое топливо в различных соотношениях (от 0.1 мас. % до 0.5 мас. %). Проведенные нами ранее исследования показали, что использование дорогостоящих наночастиц в качестве добавок к углеводородному топливу с целью совершенствования его эксплуатационных свойств и уменьшения вредных выбросов в атмосферу [10] в некоторой степени может быть заменено добавками обезвоженного карбонатного шлама, являющегося отходом процесса химводоочистки водоподготовительных устройств ТЭЦ и котельных [11-16]. Карбонатный шлам образуется в процессе коагуляции и известкования природных вод на тепловых электростанциях и с производственной точки зрения является отходом. Карбонатный шлам, как продукт, полученный химическим осаждением, обладает комплексом специфических физико-химических свойств, среди которых следует отметить разнообразный химический состав (карбонаты кальция, гидроксиды магния и железа, соединения алюминия и т. д.) и структуру, в частности, его высокую дисперсность, пористость и поверхностную активность. По своему строению и качествам обезвоженный карбонатный шлам может быть отнесен к наноструктурным образованиям. В качестве присадки к топливу целесообразно использовать тонкодисперсную фракцию обезвоженного карбонатного шлама с размером частиц не более 0,09 мкм с суммарным содержанием карбонатов кальция и магния не менее 85%. Следует отметить, что накопленные объемы шлама водоподготовки, а также их ежегодный прирост являются неограниченным ресурсом для того, чтобы начать массовое и планомерное применение обезвоженного карбонатного шлама в энергетической отрасли в качестве доступной и дешевой присадки к различным видам топлива.

Пробы водоугольного топлива были сделаны на основе тощего угля Кузнецкого месторождения. Приготовление образцов водоугольной суспензии проводилось следующим образом: дробленый уголь из бункера направлялся на измельчение в вибрационную мельницу. Из полученной угольной пыли были взяты пробы, которые подвергались ситовому анализу на виброустановке с размерами сит 0.20; 0.125; 0.09; 0.063; 0.05 мм и последующему фракционированию. Частицы с определенными размерами взвешивались и подавались в смеситель, в который дозировалась дистиллированная вода из мерной емкости и готовилась водоугольная суспензия путем перемешивания компонентов. В данной работе были изучены водоугольные суспензии с размерами частиц угля 0.09÷0.125 мм. Доля угля в суспензии составляла 30%. Концентрация присадки — обезвоженного карбонатного шлама — варьировалась от 0.1 до 0.5 мас. %. В качестве присадки использовался обезвоженный и измельченный карбонатный шлак — отход водоподготовительных устройств ТЭЦ и котельных с размерами частиц не более 0,09 мм. Вязкость образцов приготовленных водоугольных суспензий со средним диаметром угольных частиц 0.1 мм исследовалась с помощью вискозиметра Энглера ВУ-М-ПХП. Исследования вязкости проводилось при температурах 30, 35, 40, 45 °С.

Результаты экспериментальных исследований представлены в виде зависимостей условной вязкости композиционного водоугольного топлива от концентрации обезвоженного карбонатного шлама в суспензии при различных температурах (рис. 1).

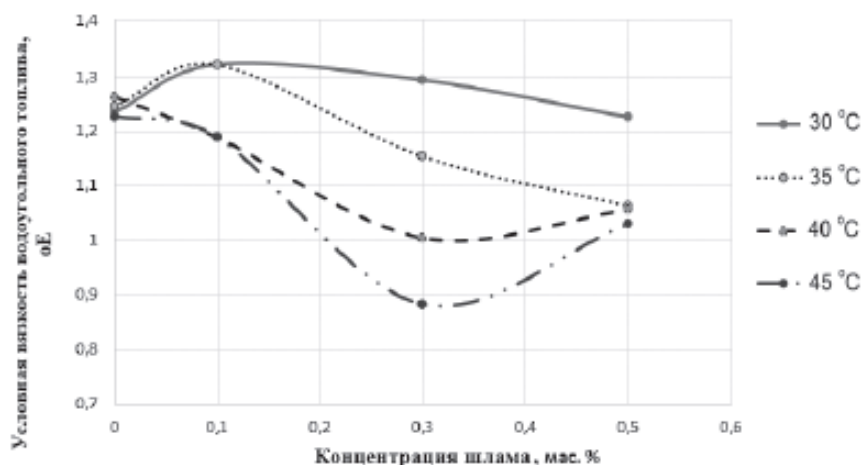


Рис. 1. Зависимость условной вязкости композиционного водоугольного топлива при различных концентрациях карбонатного шлама и температурах 30, 35, 40, 45 °С

При анализе полученных кривых обнаружено достаточно сильное изменение условной вязкости композиционного водоугольного топлива в зависимости от концентрации присадки и температуры образца. Вязкость исходных образцов ВУТ практически не зависела от температуры и составляла 1.23-1.26 °Е. При добавлении 0.1 мас. % карбонатного шлама вязкость образцов либо почти не изменялась (40 °С, 45 °С), либо происходило ее небольшое увеличение до 1.32 °Е (40 °С, 45 °С). Последующее увеличение доли присадки — карбонатного шлама до 0.3 мас.% в водоугольном топливе приводило к выраженному снижению условной вязкости. Однако дальнейшее повышение концентрации присадки снова приводило к увеличению условной вязкости.

Поскольку по своему строению и качествам частицы обезвоженного карбонатного шлама являются наноструктурными образованиями, проведенные эксперименты относятся

к воздействию наночастиц на поведение жидких гетерогенных систем. В наших предыдущих работах на основании анализа литературных данных, описывающих вязкость растворов и расплавов гетерогенных систем различного состава в присутствии наночастиц, выявлены особенности механизма влияния внедряемых наноструктурных образований на реологические характеристики дисперсных систем, в том числе на вязкостные характеристики различных видов углеводородного топлива [17-19]. Для объяснения реологического поведения нефтяных и водоугольных гетерогенных систем нами было предложено использовать выдвинутую ранее модель гетеросфер [20] — областей дополнительного структурообразования дисперсионной среды вокруг наночастиц в жидкости, приводящих при некоторой достаточно малой концентрации наночастиц к послыльному сдвиговому течению [18]. С помощью этой теории можно объяснить наблюдаемые эффекты.

При введении небольшого количества карбонатного шлама (до 0.1 мас. %), имеющего неорганическую структуру, происходит равномерное распределение присадки в объеме суспензии и ее связывание с наиболее жидкими, т. е. маловязкими фракциями, вследствие чего вязкость образца может увеличиваться. Дальнейшее увеличение концентрации присадки до 0.3 мас. % приводит к возникновению внутреннего структурообразования вокруг частиц шлама. Указанная концентрация способствует образованию структур с малопрочными коагуляционными контактами по плоскостям, определяющим значительное развитие пластичных деформаций, и как следствие снижение вязкости. При дальнейшем увеличении концентрации присадки в водоугольном топливе происходит завершение образования сети коагуляционных структур в композиционном топливе, что приводит к агрегативной и седиментационной устойчивости системы и как следствие, к резкому увеличению вязкости даже при высоких температурах.

Выводы

Проведенные исследования вязкости композиционного водоугольного топлива при различных концентрациях карбонатного шлама и температурах позволили определить оптимальные значения концентрации присадки в исследованных образцах топлива, составляющие 0.3 мас.% и позволяющие почти на треть уменьшить вязкость ВУТ.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант №16-08-00731 — а).

Литература

1. Ходаков Г. С. // Теплоэнергетика. 2007. №1. С. 35-45.
2. Трубецкой К. Н., Зайденварг В. Е., Кондратьев А. С., Мурко В. И., Кассихин Г. А., Нехорский И. Х. // Теплоэнергетика. 2008. №5. С. 49-52.
3. Капустин В. М. Нефтяные и альтернативные топлива с присадками и добавками. — Москва: КолосС; 2008. — 232 с.
4. Наноматериалы и нанотехнологии в энергетике/Под редакцией Э. В. Шамсутдинова и О. С. Зуевой. В 2 т. — Казань: Казан. гос. энерг. ун-т; 2014. — 400 с. (Т. 1); — 376 с. (Т. 2).
5. Mukherjee A., Pisupati S. V. // Fuel. 2016. V. 180. P. 50-58.
6. Мингалеева Г. Р. и др. // Известия вузов. Проблемы энергетике. 2015. №7-8. С. 37-46.
7. Мингалеева Г. Р. и др. // Химия и технология топлив и масел. 2013. №6 (580). С. 3-7.
8. Мингалеева Г. Р. и др. // Теплоэнергетика. 2012. №6. С. 28-30.
9. Zvereva E. R. и др. // International Journal of Pharmacy & Technology. 2016. V. 8 (4). P. 26744-26752.
10. Shaafi T., et al. // Renew. Sust. Energ. Rev. 2015. V. 49. P. 563-573.
11. Зверева Э. Р. и др. // Химия и технология топлив и масел. 2016. №5 (597). С. 15-19.
12. Зверева Э. Р., Мингалеева Г. Р. и др. // Нефтехимия. 2016. Т. 56. №1. С. 73-75.

13. Zvereva E. R., Zueva O. S., Khabibullina R. V. // *Mat. Sci. Forum.* 2016. V. 870. P. 666-670.
14. Зверева Э.Р., Ганина Л.В. и др. // *Технологии нефти и газа.* 2014. №1. С. 20-24.
15. Зверева Э.Р. // *Буллеровские сообщения.* 2011. Т. 24. №4. С. 97-102.
16. Зверева Э.Р. и др. // *Известия вузов. Проблемы энергетики.* 2016. №1-2. С. 28-36.
17. Зуева О.С. и др. Возможности использования углеродных нанотрубок, диспергированных в растворах ПАВ, в новых энергосберегающих технологиях/Труды XVI Международного симпозиума «Энергоресурсоэффективность и энергосбережение». — Казань; 2016. С. 94-97.
18. Зверева Э.Р., Зуева О.С., Хабибуллина Р.В. Влияние углеродных наноматериалов на реологические характеристики гетерогенных систем/Сборник статей XXIII Всерос. конф. «Структура и динамика молекулярных систем» — Москва: ИФХЭ РАН; 2016. С. 279-288.
19. Zvereva E. R., et al // *Journal of Engineering and Applied Sciences,* 2016. V. 11. P. 2950-2954.
20. Мокошунина Т.В. Упрочняющее модифицирование продуктов нефтепереработки углеродными наночастицами. Диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина. Москва, 2015.