

УДК 532.1

DOI 10.18101/2306-2363-2018-2-3-74-81

ПОЛУЧЕНИЕ АНТИДЕТОНАЦИОННОЙ ДОБАВКИ НА ОСНОВЕ УЛЬТРАДИСПЕРСНОЙ ВОДО-УГОЛЬНОЙ СУСПЕНЗИИ

© Хитерхеева Надежда Сергеевна

кандидат технических наук, доцент,
Бурятский государственный университет
Россия, 670000, г. Улан-Удэ, ул. Смолина, 24а
E-mail: kite69@yandex.ru

© Болоев Петр Антонович

технических наук, профессор,
Бурятский государственный университет
Россия, 670000, г. Улан-Удэ, ул. Смолина, 24а

© Гергенова Татьяна Петровна

старший преподаватель,
Бурятский государственный университет
Россия, 670000, г. Улан-Удэ, ул. Смолина, 24а

Рассмотрен способ получения добавки в бензин на основе ультрадисперсной водоугольной суспензии (ВУС). Метод основан на использовании эффекта акустической кавитации для диспергирования ультрадисперсного угольного порошка с водой с целью получения новой водоугольной суспензии и повторной стадии диспергирования ВУС с бензином. Добавка обладает улучшенными антидетонационными свойствами и отличается повышенной экологичностью по сравнению с аналогами. Добавка устойчива к расслоению.

Ключевые слова: акустическая кавитация; ультразвуковое диспергирование; ультрадисперсная водоугольная суспензия; водоугольное топливо; антидетонационные добавки; бензин.

Введение

Развитие энергетики, а также повышение энергетической безопасности России [1] в значительной степени зависят от широкого и эффективного использования угля в качестве энергетического топлива. Для решения вышеуказанной проблемы весьма перспективны проводимые как в России, так и за рубежом работы по технологии получения и использования угольных суспензий, которые представляют собой композиционную дисперсную систему, состоящую из твердой фазы в виде мелкодисперсного угля и жидкой среды (вода, спирты, углеводороды, продукты переработки нефти). Наиболее изученной и перспективной в энергетике является водно-угольная суспензия.

В мире водоугольная суспензий широко используется в качестве альтернативного топлива. Для многих стран, обделенных запасами нефти и газа, использование водоугольной суспензии становится актуальным. Вот несколько примеров (материал с сайта «Википедия») [2]:

- корпорация исследований в области энергетики и охраны окружающей среды (EERC), США, Огайо — технология совместного сжигания ВУТ с традиционными топливами «Cofiring»;

- университет штата Северная Дакота, США — изготовление ВУТ из обогащенного угля;

- научно-исследовательский центр Пенсильванского университета и фирма PENELEC, (Пенсильвания Электрик Компани — производство и сжигание ВУТ в котле мощностью 32 МВт, транспортировка и сжигание на ТЭС «Сьюард» в котле производительностью 130 т пара в час;

- корпорация Янри (Janri CWF Co), Китай;

- компания Джапан КОМ (Japan Coal Oil Mixture), Япония — промышленная установка для приготовления ВУТ в Омахах, производительностью 600000 т/год, сжигание ВУТ на электростанции в Нагаси;

- Ниссо Иваи Юбе Индастриз, Япония и Коул энд Эллайд Индастриз ЛТД, Австралия — проект: комплекс по изготовлению ВУТ в порту Ньюкасл производительностью 4 млн т/год, перевозка морскими танкерами в Японию.

Уголь является основным топливом в Монголии. Сейчас там ведутся поиски технологий для перехода на ВУС и ВУТ для повышения экологической составляющей.

ВУС сама по себе в автомобильных двигателях внутреннего сгорания используется крайне редко. Напрашивается идея о добавке ВУС в основное топливо. Цель: повышение экологичности основного топлива, повышение детонационной стойкости (октанового числа), снижение себестоимости добавок повышающих октановое число.

Для повышения детонационной стойкости бензина (повышения октанового числа) используют антидетонационные добавки (присадки) [3-5]. В качестве наиболее эффективных антидетонаторов уже более семидесяти лет используются соединения свинца. Наиболее распространенный антидетонатор — тетраэтилсвинец (ТЭС), бесцветная, прозрачная, сильно токсичная жидкость с высокой плотностью (1,6524 г/см³). ТЭС хорошо растворяется в бензине, спирте, ацетоне и некоторых других растворителях. Кипит при температуре около 200°C с разложением. Другим достаточно широко распространенным свинцовым антидетонатором является тетраметилсвинец (ТМС). Это тоже жидкость с неприятным запахом, кипящая при 110°C. Плотность ТМС — 1,995 г/см³. Благодаря относительно невысокой температуре кипения, соответствующей примерно температуре выкипания 50% (об.) бензина, ТМС равномернее, чем ТЭС, распределяется по фракциям бензина и по цилиндрам двигателя. Общими недостатками ТЭС и ТМС являются чрезвычайно высокая ядовитость самих антидетонаторов и продуктов их сгорания, приводящая к загрязнению окружающей среды и отрицательно влияющая на работу дожигателей отработавших газов (ОГ). Поэтому применение ТЭС и ТМС уменьшается и ведется интенсивный поиск других эффективных антидетонаторов.

Исследованные в качестве антидетонаторов вещества можно разделить на две группы: металлоорганические и органические соединения. Среди металлоорганических соединений кроме ТЭС и ТМС наиболее эффективными оказались соединения, содержащие марганец и железо. По антидетонационной эффективности марганцевые антидетонаторы аналогичны, а содержащие железо лишь не-

сколько уступают свинцовым. Особенностью применения в бензинах металлоорганических антидетонаторов является отложение окислов соответствующих металлов на стенках камеры сгорания и на электродах свечей зажигания. Эти отложения вызывают повышенный износ цилиндров и поршневых колец и перебои в работе свечей зажигания. Поэтому металлоорганические антидетонаторы, как правило, применяются в композиции с выносителями — веществами, преобразующими тугоплавкие оксиды металлов в летучие соединения. В качестве выносителей широко используются алкилгалогениды: этилбромид, дибромэтан, дихлорэтан, монохлорнафталин. В композициях марганцевых и железных антидетонаторов используются некоторые фосфорные и сернистые соединения. Однако следует отметить, что для этих антидетонаторов пока еще не найдены достаточно эффективные выносители, что и сдерживает их широкое применение.

Ввиду чрезвычайной токсичности свинцовых антидетонаторов, выявленных существенных недостатков и высокой стоимости марганцевых и железных антидетонаторов в последние годы ведется усиленный поиск антидетонаторов, не содержащих металла. К таким в первую очередь относятся органические амины: метиланилин, ксилидин, экстралин (смесь 7% анилина, 88% метиланилина и 5% ксилидина).

Методы

Детонационную стойкость бензинов оценивают по октановому числу. Склонность исследуемого топлива к детонации определяется сравнением его с заранее приготовленными топливами, детонационная стойкость которых известна. Для составления таких топлив, называемых эталонными, применяются два чистых углеводорода: изооктан, детонирующий при высокой степени сжатия, его октановое число принято за 100 единиц, и нормальный гептан, обладающий плохими детонационными свойствами. Он легко детонирует уже при низких степенях сжатия, и его октановое число принято за 0 единиц. Октановое число — это показатель детонационной стойкости бензина, численно равный процентному содержанию изооктана в смеси его с нормальным гептаном, которая эквивалентна по детонационной стойкости испытываемому бензину. Такие испытания в России проводятся двумя методами: «моторным» на установках ИТ9-2 и УИТ-65 и «исследовательским» на установках ИТ9-6 и УИТ-65. Однако, существует возможность подсчитать октановое число по формуле, представленной ниже. Полученное значение приближенно соответствует октановому числу, определенному исследовательским методом:

$$\text{о.ч.} = 120 - 2 \left(\frac{t_{\text{cp}} - 58}{5\rho^{20}} \right)$$

где: $t_{\text{cp}} = \frac{t_{\text{н.р.}} + t_{\text{к.р.}}}{2}$ — средняя температура разгонки топлива, °С;

$t_{\text{н.р.}}$ — температура начала разгонки топлива, °С;

$t_{\text{к.р.}}$ — температура конца разгонки топлива, °С;

ρ^{20} — плотность топлива при 20°С, г/см³.

Лабораторная установка для проведения такого эксперимента представлена на схеме рис. 1 и фотографии рис. 2:

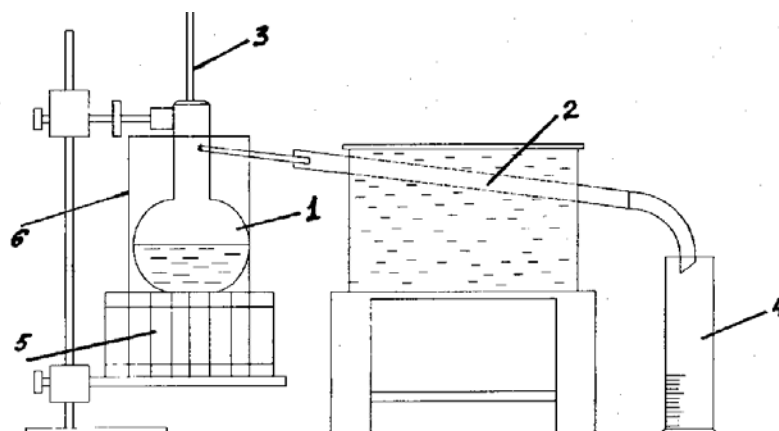


Рис. 1. Схема установки для определения фракционного состава бензина:
1 — колба с испытуемым топливом; 2 — холодильник; 3 — термометр;
4 — мерный цилиндр; 5 — электрическая плитка; 6 — защитный кожух



Рис. 2. Фотография установки для определения фракционного состава бензина
(без защитного кожуха)

Для получения антидетонационной добавки на основе ВУС использовали следующую методику:

1. Измельчали стандартную угольную фракцию с помощью бытовой мельницы.
2. Полученный измельченный порошок угля просеивали через сито. Размер угольных частиц $\leq 0,5$ мм.
3. Просеянный порошок смешивали с водой и подвергали диспергированию на ультразвуковой установке в режиме акустической кавитации. Полученную ВУС использовали в качестве составляющей для приготовления добавки в бензин.

Результаты и обсуждения

Смешав воду и бензин и оставив полученную смесь в покое на несколько минут обязательно произойдет полное расслоение 2-х жидкостей: более тяжелая вода опускается на дно, сверху образуется слой бензина, так как в нормальных условиях они не смешиваются. Точно также ведет себя ВУС при смешивании с бензином. Для получения устойчивой к расслоению эмульсии с целью получения добавки в бензин был применен метод акустической кавитации [6].

Для того, чтобы равномерно распределить водоугольную суспензию в общем объеме топлива, сначала получили добавку путем диспергирования ВУС с небольшим количеством бензина. Фотография установки представлена на рис. 3.



Рис. 3. Установка для диспергирования ВУС с бензином

Фотография на рис. 4б показывает в нижней части остаток черного смолистого вещества, похожего на мазут (это вещество вполне может быть использовано в дорожном строительстве). В верхней части водоугольная суспензия смешанная с бензином, представленном в нижней чашке рис. 4а. Под воздействием ультразвуковой кавитации в присутствии бензина произошло разделение водоугольной суспензии на легкую и тяжелую фракции. В качестве добавки в бензин использовалась только легкая фракция.

Фотографии бензина и ВУС и после диспергирования представлены на рис. 4.



б)

Рис. 4. Фото после диспергирования ВУС + бензин в верхней чашке

Для дальнейшего испытания добавки были сделаны две пробы модифицированного с помощью нее бензина. В первую пробу, полученная добавка была введена в количестве 12%, во вторую 24%. Полученный бензин был протестирован на инжекторных форсунках с помощью стандартного стенда «LAUNCH». Эталонном для сравнения производительности форсунок служил бензин марки АИ92, который использовали во всех опытах. Подача топлива в форсунки осуществлялась через топливный насос марки BOSCH. Фотография стенда на рис. 5.

Исследования с помощью стенда «Launch» показало следующее:

1. Форсунки для подачи топлива в двигатель внутреннего сгорания работают нормально при концентрации до 24% добавки включительно. Распыл топлива идет хорошо.

2. Добавка не изменяла производительности форсунок. Расход топлива оставался прежним.

3. Добавка в размере 24% в бензин понижает производительность форсунок. Объяснением может служить то, что при большей концентрации добавки из ВУС изменяется незначительно плотность бензина в сторону повышения (вода, входящая в состав добавки имеет плотность 1000 кг/м^3). Повышение массы незначительно снизило подачу насоса.

Несмотря на достигнутые результаты, исследование образцов бензина с добавкой на основе ВУС подверглись перегонке с целью выявления октанового числа. Максимально возможное октановое число предположительно должен был показать образец с добавкой в количестве 24%. Результаты разгонки показаны в таблице, в которой представлены температура начала разгонки НР — начало появления первой капли конденсированного после испарения топлива. КР — конец разгонки, когда останавливается процесс испарения, в колбе остаются тяжелые компоненты, для испарения которых требуются другие условия.



Рис. 5. Стенд для тестирования работы инжекторных форсунок.

Таблица

Результаты разгонки образца 24%

Температура, °С, соответствующая										
НР	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	КР
45	49	56	61	69	75	84	86	89	91	93

Октановое число, посчитанное по формуле составило 114, что тоже не вызывает удивления, потому что присутствие воды из ВУС стабилизирует детонационные свойства бензина. Плотность бензина с добавкой составила 765 кг/м³, это коррелирует с плотностью бензина марки АИ 95 и 92.

$$O.ч. = 120 - 2 \left(\frac{69-58}{5 \times 0,765} \right) = 114$$

Выводы

1. В результате воздействия ультразвуковых колебаний в режиме акустической кавитации на водоугольную суспензию в присутствии бензина происходит расслоение ВУС на легкую и тяжелую составляющую, которые не смешиваются между собой.
2. Вода связывается с бензином. Смесь не расслаивается. Механизм произошедшего требует дополнительных исследований.
3. Жидкая (легкая) фракция, состоящая из смеси угольного порошка, воды и бензина может быть использована в качестве добавки для повышения октанового числа. Созданная на основе ВУС антидетонационная добавка полностью экологически безопасна.
4. Оптимальная концентрация добавки в бензин не должна превышать 24% к массе топлива. Более высокие концентрации приводят к повышению плотности топлива и ухудшению топливного распыла форсунками ДВС.
5. Полученная нами антидетонационная добавка не содержит металла, состоит из угольного порошка, воды и бензина. По химическому составу такую добавку можно считать экологически безопасной.

Литература

1. Сенчура Ю.А., Мурко В.И., Федяев В.И., Дзюба Д.А., Пузырев Е.М. Результаты исследований распыления водоугольного топлива пневмомеханическими форсунками // <https://cyberleninka.ru/article/n/rezultaty-issledovaniy-raspyleniya-vodougolnogo-topliva-pnevnomehanicheskimi-forsunkami>.
2. Мурко В.И. Физико-технические свойства водоугольного топлива. Кемерово: Изд-во ГУ КузГТУ, 2009. 195 с.
3. Данилов А.М. Применение присадок в топливах для автомобилей: справочник. М.: Химия, 2000. 232 с.
4. Емельянов В. Е. Все о топливе. Автомобильный бензин свойства, ассортимент, применение. М.: Астрель, АСТ, 2003. 79 с.
5. Гуреев А.А., Азев В.С. Автомобильные бензины. Свойства и применение. М.: Нефть и газ, 1996. 444 с.
6. Хитерхеева Н.С. Кавитационные аппараты. Улан-Удэ: Изд-во Бурят. гос. ун-та, 2009. 157 с.

PREPARATION OF ANTI-KNOCK ADDITIVE ON THE BASIS
OF SUPER DISPERSED WATER-COAL SUSPENSION

Nadezhda S. Khiterkheeva

candidate of Technical Sciences

Buryat State University

24a Smolina str., Ulan-Ude, 670000 Russia

E-mail: kite69@yandex.ru

Peter A. Boloyev

Doctor of Technical Sciences, Professor

Buryat State University

24a Smolina str., Ulan-Ude, 670000 Russia

Tatyana P. Gergenova

Senior Lecturer

Buryat State University

24a Smolina str., Ulan-Ude, 670000 Russia

The method of preparation of additive in gasoline on the basis of super dispersed water-coal suspension (WCS) is considered. The method is based on the use of acoustic cavitations effect for dispersion of ultrafine coal powder with water in order to obtain a new water-coal suspension and re-dispersion stage of WCS with gasoline. The additive has improved anti-knock properties and is characterized by increased environmental friendliness in comparison with analogues. The additive is resistant to delamination.

Keywords: acoustic cavitation; ultrasonic dispersion; super dispersed water-coal suspension; antiknock additives; gasoline.