

А. Ю. Мельник, С. Н. Миникаева, С. Б. Павлов,
Х. Э. Харлампиди

ВЛИЯНИЕ ВОДЫ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА

Ключевые слова: водотопливные эмульсии, дизельное топливо, кавитаторы.

Проведен сопоставительный анализ основных физических свойств (вязкость, плотность, остаточное содержание воды, температура начала кристаллизации) проб водотопливной эмульсии в зависимости от ее состава. Проанализированы их изменения. Установлено, что добавление воды в незначительном количестве практически не влияет на физические характеристики топлива, все значения соответствуют ГОСТ 305-82 – «Топливо дизельное. Технические условия».

Key words: water fuel emulsions, diesel fuel, kavitator.

The comparative analysis of the main physical properties (viscosity, density, the residual content of water, temperature of the beginning of crystallization) tests of a water fuel emulsion depending on its structure is carried out. Their changes are analysed. It is established that water addition in insignificant quantity practically doesn't influence physical characteristics of the fuel, all values correspond to GOST 305-82 – «Fuel diesel. Specifications».

Введение

В настоящее время при работе энергетических топливных установок актуальными являются задачи их энергосбережения и экологической безопасности. Наиболее удачным решением получения более эффективного топлива в мировой практике является использование водотопливных эмульсий - нового жидкого синтетического топлива, образованного путем тепломассоэнергообменной «сшивки» воды с жидкими энергоносителями. Интерес представляют водотопливные эмульсии вода – мазут, вода – дизельное топливо, вода – бензин, вода – мазут – угольная пыль.

Эффективность применения водотопливных эмульсий уже не раз подтверждалась исследованиями многих авторов. Улучшаются выходные параметры силовых установок, появляется возможность дополнительной форсировки, снижаются тепловая напряженность деталей цилиндропоршневой группы и расход топлива, камера сгорания очищается от сажистых отложений, кроме того значительно снижается эмиссия токсичных и отравляющих веществ в отработанных газах. Использование в качестве горючего водотопливной смеси позволяет применять высокоэффективные водорастворимые присадки, которые невозможно было использовать с обезвоженным топливом, так как они вне нестабильны и плохо растворяются. [1,2]

В ранних исследованиях отечественных ученых [3-7] было установлено, что при добавлении 17% воды к топливу, количество оксида углерода (CO) снижалось на 50%, а оксидов азота (NO_x) – на 20%, при этом топливная экономичность достигала 5%. Американскими учеными [8,9] было опубликовано сообщение об испытаниях автомобильных дизелей на эмульсии следующего состава: дизельное топливо – 80%, вода – 19,3% и эмульгатор – 0,7%. При такой топливной смеси кроме снижения вредных выбросов в отработанных газах была достигнута экономия чистого топлива до 8%.

На сегодняшний день проведено огромное количество стендовых и эксплуатационных испыта-

ний, которые показали, что добавленная к топливу вода существенно интенсифицирует процесс сгорания топлива, одновременно с этим снижается выброс продуктов неполного сгорания и оксидов азота с отработанных газов. Использование других способов снижения вредных выбросов с отработанных газов если и приводит к снижению содержания продуктов неполного сгорания, то при этом автоматически увеличивается эмиссия оксидов азота и наоборот.

Экспериментальная часть

Получение проб водотопливной эмульсии различного состава. Путем смешения реагентов – дистиллированной воды и дизтоплива в различных соотношениях и их последующей гидродинамической кавитационной обработке были получены образцы однородной водотопливной эмульсии (табл. 1). Обработка осуществлялась на лабораторной установке (рис. 1). Установка включала в себя кавитатор, выполненный в виде сопла Лавалья (рис. 2), соединенный системой шлангов с мерным баком. Бак был подключен к электронасосному агрегату, работающему под действием электродвигателя.

Определение остаточного содержания воды. Остаточное содержание воды в пробах №1, №6, №10 и №14 определяли по ГОСТ 2477–65 методом Дина – Старка. Для этого сначала измеряют объем воды в приемнике-ловушке, затем рассчитывают массовую долю воды в пробах по формуле:

$$X = V_0/m * 100,$$

где X – массовая доля воды, % масс.; V_0 – объем воды в приемнике-ловушке, см³; m – масса пробы, г. Для упрощения вычисления плотность воды при комнатной температуре приняли за 1 г/см³, а числовое значение объема воды в см³ – за числовое значение массы воды в г; при массе нефтепродукта (100±0,1) г за массовую долю воды приняли объем воды, собравшейся в приемнике-ловушке, в см³.

Определение плотности проб. Плотность проб эмульсии определяли по ГОСТ 3900–85 при помощи ареометра. Для этого сначала производят отбор проб по ГОСТ 2517–85, затем отсчитывают показания

Таблица 1 – Приготовление проб и время их кавитационной обработки

Смешивание реагентов	100 % ДТ	90 % ДТ, 10 % воды	90 % ДТ, 10 % воды	90 % ДТ, 10 % воды	90 % ДТ, 10 % воды	90 % ДТ, 10 % воды
№ пробы	1	2	3	4	5	6
Время обработки	–	10 мин	20 мин	30 мин	40 мин	60 мин
Смешивание реагентов			95 % ДТ, 5 % воды	95 % ДТ, 5 % воды	95 % ДТ, 5 % воды	95 % ДТ, 5 % воды
№ пробы			7	8	9	10
Время обработки			10 мин	20 мин	30 мин	40 мин
Смешивание реагентов			98 % ДТ, 2 % воды	98 % ДТ, 2 % воды	98 % ДТ, 2 % воды	98 % ДТ, 2 % воды
№ пробы			11	12	13	14
Время обработки			10 мин	20 мин	30 мин	40 мин

плотности по верхнему краю мениска шкалы ареометра.

Определение вязкости проб.

Вязкость проб определяли с помощью вискозиметра капиллярного стеклянного ВПЖ–1м. Для этого сначала измеряют время истечения через капилляр определенного объема жидкости из измерительного резервуара, затем рассчитывают кинематическую вязкость пробы по формуле:

$$\nu = g / 9.807 * T * K,$$

где ν – кинематическая вязкость жидкости, мм²/с; g – ускорение свободного падения в месте измерения, мм/с²; T – время истечения жидкости, с; K – постоянная вискозиметра, $K = 0,003371 \text{ мм}^2/\text{с}^2$.

Определение температуры начала кристаллизации. Температуру начала кристаллизации определяли по ГОСТ 5066-91. Для этого пробу начинают охлаждать. За температуру начала кристаллизации принимают максимальную температуру, которую показал термометр при появлении в образце первых кристаллов, видимых невооруженным глазом.

Обсуждение результатов

Анализ изменения плотности, кинематической вязкости и температуры начала кристаллизации в пробах № 6, 10, 14 позволяет выявить общую тенденцию уменьшения данных физических величин по сравнению с исходным сырьем (табл. 2). Это объясняется снижением процентного содержания воды в пробах.

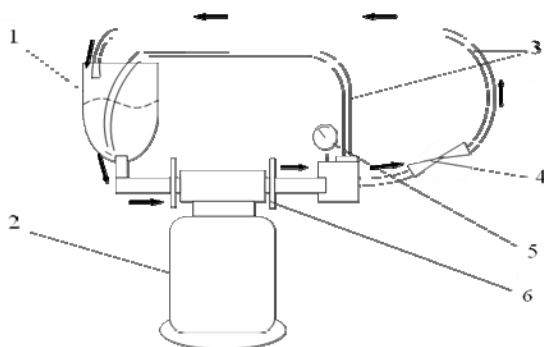


Рис. 1 – Схема лабораторной установки: 1 – мерный бак, 2 – асинхронный электродвигатель, 3 – система шлангов, 4 – кавитатор типа «фьюсоник», 5 – манометр, 6 – электро-насосный агрегат. Стрелками указано направление движения смеси

Все показатели дизельного топлива соответствуют значениям ГОСТ 305–82 – «Топливо дизельное. Технические условия».

Сравнение остаточного содержания воды в пробах (табл. 2) позволяет сделать вывод, что при смешивании воды и дизельного топлива и их последующей кавитационной обработке на данной лабораторной установке, в эмульсию «вбивается» около ¼ части воды. При определении остаточного содержания воды в пробах по методу Дина – Старка спустя 48 часов были получены следующие данные (табл. 2). Это говорит о том, что данная водотопливная эмульсия неустойчива.

Сегодня известно много способов, позволяющих улучшить процесс сгорания углеводородного топлива. В основном они направлены на изменение его физико-химических свойств. Например, применение различных присадок, обработка топлива в катализаторах, облучение топлива электромагнитными полями и т.д. При выборе того или иного метода определяющими факторами зачастую становятся энергоёмкость и стоимость. И все-таки наиболее дешевым и энергетически выгодным остается метод насыщения топлива водой перед подачей его в дизель.

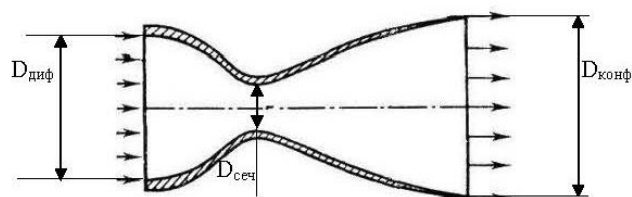


Рис. 2 – Классическое сопло Лавали: $D_{\text{диф}}$ – диаметр диффузора, 15 мм; $D_{\text{конф}}$ – диаметр кофузора, 20 мм; $D_{\text{сеч}}$ – диаметр сечения, 10 мм

Полученные результаты исследования предполагают дальнейшее изучение влияния воды на характеристики дизельного топлива, а также развитие в этом направлении.

Таблица 2 – Физические свойства проб

№ пробы	1	6	10	14
Плотность, г/см ³	0,825	0,830	0,828	0,825
Кинематическая вязкость, мм ² /с	3,2698	3,5226	3,4350	3,3575
Температура начала кристаллизации, °С	– 21,6	– 20,8	– 21,0	– 21,5
Остаточное содержание воды	-	2,0 %	0,9 %	0,4 %
Остаточное содержание воды спустя 48 часов	-	0 %	0 %	0 %

Основные результаты и выводы:

1. Добавление воды в количестве 2 % влияет на физические характеристики топлива незначительно. Такие показатели как вязкость, плотность, температура начала кристаллизации соответствуют значениям ГОСТ 305–82 – «Топливо дизельное. Технические условия». Следовательно, наблюдается экономический эффект, вследствие меньшего расхода топлива.

2. Из-за слабого воздействия на обрабатываемую жидкость, за счет того, что кавитация возникала не во всем объеме жидкости и невозможно было постоянно поддерживать оптимальный режим работы, полученная водотопливная эмульсия оказалась неустойчивой, и через 48 часов расслоилась. Это объясня-

ется тем, что используемая в ходе исследований лабораторная установка предназначена для обработки более вязких, тяжелых нефтепродуктов. Для создания более устойчивых водотопливных эмульсий и улучшения качественных характеристик топлива требуется установка с другими характеристиками.

Литература

1. Климентова Г.Ю., Маврин В.Ю. Топливные присадки для двухтактных двигателей // Вестник Казанского технологического университета. – 2010. – №10. – С. 323 – 326.
2. Кемалов А.Ф., Кемалов Р.А., Валиев Д.З. Значимость применения присадок к дизельным топливам для отечественного автопарка // Вестник Казанского технологического университета. – 2010. – №10. – С. 636 – 638.
3. Агаев Ф.М. Применение эмульсий в двигателях с воспламенением от сжатия // Изв. АН Азербайджанской ССР. Сер. физ. – мат. и техн. наук. – 1961. – № 6, – С. 57 – 66.
4. Иванов В.М. Топливные эмульсии. – М.: АН СССР, 1962. – 274 с.
5. Лебедев О.Н., Сомов В.А., Сисин В.Д. Водотопливные эмульсии в судовых дизелях. – Л.: Судостроение, 1988. – 108 с.
6. Лерман Е.У., Гладков О.А. Высококцентрированные водотопливные эмульсии – эффективное средство улучшения экологических показателей легких быстроходных дизелей // Двигателестроение. – 1986. – № 10, – С 35 – 37.
7. Тув И.А. Сжигание обводненных мазутов в судовых котлах. – Л.: Судостроение, 1968. №10. – 314 с.
8. Lawson A., Last A.Y. Modified fuels for diesel engines by application of unstabilized emulsions // SAE Technical Paper Series/ 1979/ – № 790925 – 16 p.
9. Thomson R.V., Thorp J., Armstrong G., Katsoulakos P. The burning of emulsified fuels in diesel engines // Trans. Inst. Mar. Eng. – 1981. V.93. – p. 19 – 25.

© А. Ю. Мельник – магистрант каф. общей химической технологии КНИТУ; С. Н. Миникаева – инженер той же кафедры; С. Б. Павлов – зав. лаб. той же кафедры; Х. Э. Харлампики – д-р хим. наук, проф., зав. каф. общей химической технологии КНИТУ, kharlampidi@kstu.ru.