

Н. Б. и др. Сопротивление потоков со сложными формами сечения // Расчеты и прогнозы гидрологических характеристик.— Л., 1989.— С. 115—121. [8]. Гришанин К. В. Гидравлическое сопротивление песчаных русел // Вторая Всесоюз. конф. по динамике и термодинамике рек и водохранилищ: Тез. докл.— М.: Ин-т водных проблем АН СССР, 1984.— С. 227—229. [9]. Гришанин К. В. Речные потоки и их русла // Общие вопросы теории руслового процесса: Докл. секции русловых процессов Науч. совета ГКНТ СССР.— Л.: Гидрометеоздат, 1986.— С. 5—12. [10]. Гришанин К. В. Гидравлическое сопротивление естественных русел.— Л.: Гидрометеоздат, 1992.— 400 с. [11]. Гришанин К. В. и др. Водные пути.— М.: Транспорт, 1986.— 400 с. [12]. Железняков Г. В. Пропускная способность русел каналов и рек.— Л.: Гидрометеоздат, 1981.— 312 с. [13]. Железняков Г. В. Гидравлика и гидрология.— М.: Транспорт, 1989.— 104 с. [14]. Знаменская Н. С. Гидравлические сопротивления // Донные наносы и русловые процессы.— Л.: Гидрометеоздат, 1970.— С. 176—185. [15]. Знаменская Н. С. и др. Гидравлические сопротивления в реках и антиреках // Тр. / Гос. гидрологич. ин-т.— Л.: Гидрометеоздат, 1990.— № 344.— С. 76—83. [16]. Ибад-Заде Ю. А., Шеренков Н. И. Новые данные о сопротивлениях в открытом потоке // Тр. / Бакинск. филиал ВНИИводгео.— Баку, 1970.— С. 50—70. [17]. Карасев И. Ф. Речная гидрометрия и учет водных ресурсов.— Л.: Гидрометеоздат, 1980.— 400 с. [18]. Карасев И. Ф. Гидравлические сопротивления и оптимальные размеры каналов переброски стока // Гидротехнич. строительство.— 1983.— № 4.— С. 29—33. [19]. Карасев И. Ф. и др. Гидрометрия.— Л.: Гидрометеоздат, 1985.— 384 с. [20]. Лучшева А. А. Практическая гидрометрия.— Л.: Гидрометеоздат, 1972.— 382 с. [21]. Сасоров М. П. О влиянии формы сечения на линейную зависимость между средней скоростью и средней глубиной // Гидротехнич. строительство.— 1965.— № 7.— С. 18—23. [22]. Сергутин В. Е. Коэффициент Шези, относительная ширина и форма русла // Энергетика.— 1982.— № 2.— С. 118—119.— (Изв. высш. учеб. заведений). [23]. Сергутин В. Е. Элементы водотоков и сопротивление русла // Строительство и архитектура.— 1985.— № 4.— С. 79—81.— (Изв. высш. учеб. заведений). [24]. Сергутин В. Е. О сопротивлении русел разных форм и наполнений // Энергетика.— 1987.— № 7.— С. 115—118.— (Изв. высш. учеб. заведений). [25]. Сергутин В. Е. О сопротивлении взвесенесущих потоков // Энергетика.— 1988.— № 4.— С. 115—117.— (Изв. высш. учеб. заведений). [26]. Сергутин В. Е. Гидравлические сопротивления открытых потоков // Мелиорация и водное хозяйство.— 1989.— № 11.— С. 33—35. [27]. Сергутин В. Е. Гидравлическое сопротивление открытого потока // Энергетика.— 1992.— № 2.— С. 110—120.— (Изв. высш. учеб. заведений). [28]. Сергутин В. Е. О режимах движения открытого потока // Строительство и архитектура.— 1992.— № 2.— С. 115—120.— (Изв. высш. учеб. заведений). [29]. Сергутин В. Е. и др. О числе Рейнольдса и Фруда в экстраполяции расхода открытого потока // Энергетика.— 1984.— № 2.— С. 124—125.— (Изв. высш. учеб. заведений). [30]. Сергутин В. Е. и др. О средней скорости открытого потока // 6-е межвуз. координац. совещание по проблеме эрозионных и русловых процессов // МГУ; Ташкентский госуниверситет.— Ташкент, 1991.— С. 78. [31]. Соколова В. Е. К вопросу о квадратичном законе сопротивления // Тр. / Ленинградск. гидрометеорология. ин-т.— 1979.— Вып. 36.— С. 116—121. [32]. Форгхмеймер Ф. Гидравлика.— М.; Л.: ОНТИ, 1935.— С. 615. [33]. Чалов Р. С. и др. Факторы русловых процессов и иерархия русловых форм // Геоморфология.— 1983.— № 2.— С. 16—26. [34]. Чалов Р. С. и др. Исследование руслового режима рек Ленского бассейна и разработка мероприятий по улучшению условий судоходства // Геоморфология.— 1989.— № 3.— С. 37—45. [35]. Чугаев Р. Р. Гидравлика.— Л.: Энергия, 1982.— 171 с.

Поступила 24 января 1992 г.

УДК 621.43

ПРИМЕНЕНИЕ ВОДОТОПЛИВНОЙ ЭМУЛЬСИИ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ТОКСИЧНОСТИ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ

А. Т. ГЕРАСИМОВ, Ю. В. ТРАВКИН

Инженерно-строительный институт (г. Санкт-Петербург)

На лесовозных автомобилях широко используются дизельные ДВС без наддува воздуха Ярославского моторного завода (ЯМЗ).

Согласно отечественным и зарубежным прогнозам, поршневой ДВС сохранится в качестве основной энергетической установки самоходных машин до 2005 г. Предпочтение будет отдаваться наиболее экономичным двигателям — дизелям [7].

Численность парка дизелей в капиталистических странах превышает 50 млн шт. и продолжает непрерывно увеличиваться. В нашей стране эксплуатируемый парк сельскохозяйственных машин с дизелями превышает 3,5, а дизельных автомобилей — 1,0 млн шт. Растет суммарная мощность дизельных энергетических установок, используемых в качестве резервных и аварийных источников электропитания. Предпочтение отдается наиболее экономичным камерам сгорания дизелей с непосредственным впрыском топлива. Однако токсичность выхлопных газов этих типов дизелей выше, чем у имеющих предкамерное смесеобразование.

При исследовании токсичности безнаддувных дизелей ЯМЗ с объемным смесеобразованием и нераздельной камерой сгорания было выявлено, что в выхлопных газах, кроме основных токсичных компонентов окиси углерода, углеводородов, окислов азота, сажи и канцерогенной группы полициклических ароматических углеводородов (ПАУ), на всех режимах работы двигателя присутствуют нитрозосоединения, канцерогенная активность которых доказана в работах [1—4]. Эксперименты показали, что концентрация канцерогенных ПАУ зависит от условий смесеобразования и наличия локальных зон при сгорании топлива в камере сгорания, где состав смеси отличен от стехиометрического, а концентрация канцерогенных нитрозосоединений — от выхода окислов азота в выхлопных газах двигателя, т. е. окислы азота являются предшественниками образования нитрозосоединений.

На протяжении всего периода совершенствования моторных топлив предлагались различные добавки и смеси для улучшения работы двигателя. Применение воды в рабочем процессе тепловых двигателей началось почти одновременно с их появлением. Еще в 1864 г. (для улучшения работы двигателя Ленуара) Гюгон подавал воду в горючую смесь. Использование воды в виде водотопливных эмульсий (ВТЭ) имеет более широкие возможности, чем применение воды только как депрессивной среды. Вода в исходном виде является прежде всего балластной добавкой, снижающей цикловое давление и температуру. Однако в камерах сгорания, наряду с чисто физическим воздействием, возможна химическая активность воды, заключающаяся в протекании реакции водяного пара и углеводородного топлива [5].

Применение воды в составе эмульсии типа вода — масло оказывает дополнительное влияние на рабочий процесс ДВС. При попадании в высокотемпературную среду частица эмульсии начинает прогреваться. В результате разности температур кипения воды и топлива топливная часть капли еще остается в жидком состоянии, в то время как вода превращается в пар. При дальнейшем нагреве под действием расширяющегося водяного пара частица эмульсии разрывается на мелкие капли. Дополнительное дробление капель эмульсии в горячей среде, получившее название «микровзрывов», или внутрикапельного распыления, является одной из наиболее характерных особенностей горения ВТЭ. Именно вторичное распыление, способствующее гомогенизации заряда, интенсификации смещения воздуха и топлива, повышает полноту сгорания топливной смеси [6].

Эмульсии представляют собой системы из двух нерастворимых жидкостей, одна из которых — дисперсная фаза — в виде мельчайших капель равномерно диспергирована в другой. В основе механизма образования эмульсий лежит дробление дисперсной фазы в дисперсионной среде.

Для исследования влияния ВТЭ на состав выхлопных газов дизельного двигателя было разработано устройство для механического эмульгирования моторного топлива непосредственно на двигателе. Конструкция устройства показана на рис. 1, а. Оно состоит из корпуса 3, к которому болтами крепится крышка 7. Крышка имеет полый цилиндр 6,

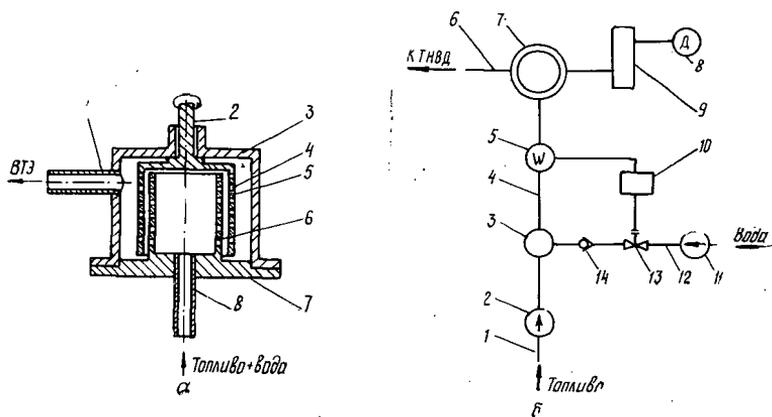


Рис. 1.

стенки которого перфорированы. Внутри корпуса находится ротор 5 в виде полого цилиндра, который имеет перфорацию 4. Ротор 5 выполнен заодно с валом 2 с приводом от электродвигателя. Смесь топлива и воды подается через трубопровод 8, который закреплен в центре крышки 7. Смесь, проходя через перфорацию неподвижного цилиндра 6, попадает в зазор между ним и вращающимся перфорированным ротором 5, где происходит эмульгирование. Смесь отводится через трубопровод 1, который закреплен в корпусе 3 устройства.

Схема опытной установки для приготовления и подачи ВТЭ показана на рис. 1, б. Топливо из трубопровода 1 подается топливоподкачивающим насосом 2 и в предварительном смесителе 3 смешивается с водой, поступающей по трубопроводу 12 от насоса 11 через регулятор расхода 13 и обратный клапан 14. Из смесителя 3 смесь по трубопроводу 4 перетекает в устройство 7 для эмульгирования. Готовая ВТЭ подается по трубопроводу 6 в топливный насос высокого давления (ТНВД) двигателя. Ее влажность измеряется диэлектрическим влагомером 5, который связан через приемник сигнала 10 с исполнительным органом регулятора расхода воды 13. Изменение размеров дисперсной фазы достигают варьированием частоты вращения ротора шестеренчатым вариатором 9, который передает вращающий момент от электродвигателя 8.

На опытной установке было исследовано влияние влажности ВТЭ на эффективность горения при изменении ее дисперсности за счет частоты вращения ротора. Исходя из анализа литературных данных, влажность ВТЭ ограничили 20 %, так как при этом вязкость топлива и коррозия деталей цилиндрично-поршневой группы практически не изменяются. Эффективность горения ВТЭ оценивали по выходу сажи, углеводородов, окиси углерода и бенз[а]пирена (БП) в выхлопных газах двигателя.

На рис. 2 приведены кривые изменения концентраций сажи C_c , окиси углерода C_{CO} , углеводородов C_{CH} , бенз[а]пирена $C_{БП}$, окислов азота C_{NO_x} , нитроздиметиламина $C_{ндма}$ и нитроздиэтиламина $C_{ндэа}$ в зависимости от влажности эмульсии W , %. При влажности ВТЭ 8 % резко изменяется процесс горения. С увеличением влажности более 5 % вероятность микровзрывов капель ВТЭ возрастает, процесс горения улучшается, о чем свидетельствует снижение концентрации сажи, CO, CH, БП с четким минимумом при влажности 8 %. Дальнейшее повышение влажности уменьшает вероятность микровзрывов, процесс горения ухуд-

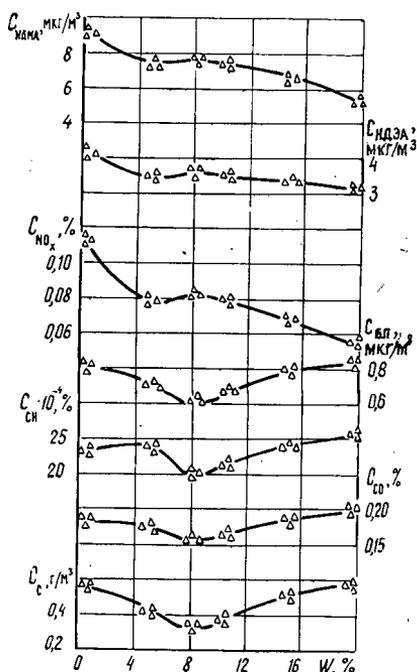


Рис. 2.

шается, концентрации токсичных компонентов увеличиваются. При влажности ВТЭ 8 % наблюдается наибольшая вероятность ее внутрикапельного распыления, что способствует интенсификации смешения воздуха и топлива, повышению полноты сгорания топливной смеси.

Влажность ВТЭ позитивно влияет на снижение выхода окислов азота за счет снижения температуры в локальных зонах камеры сгорания. При влажности ВТЭ более 5 % замедляется снижение концентраций окислов азота, а при 8 % даже несколько повышается, что также подтверждает интенсификацию горения ВТЭ.

Изменение концентраций НДМА и НДЭА качественно совпадает с выходом окислов азота. Это служит подтверждением ранее сделанных выводов о том, что оксиды азота являются предшественниками нитрозосоединений.

Изменение дисперсности ВТЭ за счет частоты вращения ротора эмульгатора показало, что для данного устройства оптимальная частота вращения, при которой наблюдается наибольшая вероятность появления внутрикапельного распыления ВТЭ, составила 1500 об/мин. В этом случае концентрации токсичных компонентов уменьшились: сажи C_c на 40 %, окиси углерода $C_{со}$ на 15 %, углеводородов $C_{сн}$ на 13 %, бенз[а]пирена $C_{бп}$ на 25 %, окислов азота C_{NO_x} на 29 %, нитрозосоединений $C_{ндма}$ на 20 % и $C_{ндэа}$ на 15 %.

Выводы

1. При оптимальной влажности ВТЭ происходит внутрикапельное распыление топливной смеси, что способствует гомогенизации заряда, интенсификации смешения воздуха и топлива и повышению полноты сгорания смеси.

2. Изменением дисперсности ВТЭ можно добиться одновременного уменьшения концентрации всех токсичных компонентов в выхлопных газах двигателя без снижения экономичности его работы.

3. Применение ВТЭ позволяет снижать температуру в локальных зонах камеры сгорания при незначительном снижении общей темпера-

туры в камере сгорания, что позитивно влияет на снижение концентраций окислов азота.

4. Изменение концентраций канцерогенных нитрозосоединений качественно совпадает с выходом окислов азота, т. е. мероприятия, направленные на снижение окислов азота, уменьшают выход нитрозосоединений.

5. Наблюдается четкая корреляция между качественным ходом кривых изменения концентраций сажи и БП, т. е. причиной увеличения концентраций этих компонентов является крекинг топлива в локальных зонах камеры сгорания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Вредные вещества в промышленности. Органические вещества: Справочник / Под ред. И. В. Лазарева и Э. Н. Левиной.— Изд. 7-е перераб. и доп.— Л.: Химия, 1976.— 623 с. [2]. Канцерогенные N-нитрозосоединения — действие, синтез, определение // Материалы симпозиума.— Таллин, 1975.— 122 с. [3]. Канцерогенные N-нитрозосоединения и их предшественники — образование и определение в окружающей среде // Материалы симпозиума.— Таллин, 1981.— 88 с. [4]. Канцерогенные N-нитрозосоединения и их предшественники — образование и определение в окружающей среде // Тез. симпозиума.— Таллин, 1987.— С. 31—39. [5]. Невструев Е. Н., Степаненко Н. К., Цеханов А. С. К вопросу применения воды в рабочем процессе двигателей внутреннего сгорания // Теплоэнергетика.— М.: Энергия, 1973.— С. 34—40. [6]. Смаль Ф. В., Арсенов Е. Е. Перспективные топлива для автомобилей.— М.: Транспорт, 1979.— 151 с. [7]. Файнлеб Б. Н. Топливная аппаратура автотракторных дизелей: Справочник.— 2-е изд., перераб. и доп.— Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1990.— 352 с.

Поступила 11 марта 1992 г.