

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДИЗЕЛЯ ПРИ РАБОТЕ НА АКТИВИРОВАННОМ ТОПЛИВЕ

д.т.н. Плотников С.А., д.т.н. Карташевич А.Н., Мотовилова М.В.

Вятский государственный университет (ВятГУ), Киров, Россия

Plotnikovsa@bk.ru

Двигатель внутреннего сгорания является самым распространенным и массовым источником энергии для транспортных средств. К основным требованиям, предъявляемым к ДВС можно отнести: эффективность функционирования в составе транспортного средства, высокие эксплуатационные показатели, а также экологические параметры эмиссии отработавших газов в окружающую среду. Выполнение данных условий возможно за счет совершенствования конструкции двигателя, а также улучшения рабочего процесса дизельного двигателя при повышении качества дизельного топлива или дополнительного воздействия непосредственно на само топливо.

Одним из эффективных способов воздействия на дизельное топливо является передача ему определенного количества тепла в топливопроводе высокого давления перед форсунками. При этом у дизельного топлива изменяются физико-механические свойства, что приводит к изменению смесеобразования и процессу сгорания в цилиндре двигателя. Для интенсификации процесса сгорания был предложен способ предварительного высокотемпературного локального нагрева ДТ в системе топливоподачи перед форсунками.

Для достижения поставленной цели было определено несколько основных направлений, в число которых входило исследование экологических показателей при интенсификации процесса сгорания.

Испытания проводились поэтапно. На первом этапе исследовалась работа ТПА и топливной форсунки при работе на активированном топливе (стендовые, лабораторные испытания). На следующем этапе исследовались показатели дизеля на основных режимах его работы.

Стендовые (лабораторные) испытания позволили сделать вывод о работоспособности и соответствии ТПА техническим требованиям завода-изготовителя и параметрам ГОСТ. Проведенные стендовые испытания доказали возможность работы дизеля на активированном топливе без ухудшения экологических показателей в отработавших газах при этом выявлены изменения токсичности и дымности отработавших газов от разных значений среднего эффективного давления.

Ключевые слова: дизель, высокоактивированное топливо, экологические показатели, дымность, токсичность, отработавшие газы.

Для цитирования: Плотников С.А., Карташевич А.Н., Мотовилова М.В. Исследование экологических характеристик дизеля при работе на активированном топливе // Известия МГТУ «МАМИ». 2021. № 1 (47). С. 54–62. DOI: 10.31992/2074-0530-2021-47-1-54-62.

Введение

Быстрый рост тракторного и автомобильного парков в России и во всем мире неблагоприятно сказывается на экологических показателях окружающей среды. Остро стоит проблема снижения токсичности двигателей при эксплуатации (рис. 1).

В настоящее время данная проблема решается:

- усовершенствованием конструкции двигателя;
- совершенствованием рабочего процесса существующих поршневых ДВС;
- разработкой и установкой на двигатель дополнительных устройств, которые очищают отработавшие газы от токсичных компонентов;

– повышением требований к качеству регулировки топливоподающей аппаратуры, а также систем смесеобразования и сгорания, применением различных топлив, отработавшие газы которых обладают меньшей токсичностью.



Рис. 1. Полевые работы

Fig. 1. Field work

При работе двигателя существенное значение имеют полноценные процессы топливоподачи, смесеобразования, воспламенения и сгорания ДТ в цилиндре. Процессы смесеобразования и сгорания зависят от физических и химических свойств применяемого дизельного топлива (ДТ).

На основе экспериментальных исследований и полученных данных предложен ряд способов воздействия на топливо, которые изменяют их физические и химические свойства. На сегодняшний день используют физический и химический способы воздействия.

При физическом способе результат достигается в применении магнитного (электромагнитного), радиационного, ультрафиолетового, температурного и других видов воздействия на топливо. При данных типах воздействия происходит изменение физико-механических свойств топлива. Химический способ основан на действии различных присадок и химических веществ на ДТ [1, 2].

В последнее время увеличилось число работ по совершенствованию процесса смесеобразования в дизельных двигателях с непосредственным впрыском топлива.

Одним из эффективных и перспективных способов воздействия на ДТ является локальная передача ему определенного количества тепла в самой системе топливоподачи перед форсунками [3–7]. При таких условиях необходимо обеспечить устойчивый впрыск топлива форсункой и полноценное сгорание топлива на всех скоростных и нагрузочных режимах двигателя.

Процесс сгорания является сложным и многостадийным процессом, при котором происходит последовательность реакций с образованием промежуточных соединений, активных радикалов и продуктов сгорания. Он характеризуется скоростью химических реакций (которые зависят от концентрации реагирующих компонентов в зоне окисления, выделяющейся теплоты, температуры и давления в цилиндре) и скоростью образования топливовоздушной смеси (скорость диффузии углеводородного топлива в зону сгорания и продуктов сгорания из этой области). Скорость образования топливовоздушной смеси превышает скорость химических реакций топлива. Изменением условий смесеобразования можно воздействовать на протекание процесса сгорания. Процесс сгорания можно интенсифицировать, уменьшив время на смесеобразование за счет увели-

чения скорости испарения мелкодисперсного и подогретого ДТ. При подаче высокоактивированного топлива форсункой в камеру сгорания струя распыливается на более мелкие фракции и взаимодействует с вихреобразными потоками воздуха. В результате мелкодисперсного распыления увеличивается общая площадь поверхностей всех капель, пары топлива интенсивно диффундируют в окружающий воздух. Перемешивание топлива и поступающего воздуха становится интенсивнее и достигается более полная однородность смеси [8, 9]. При этом струя топлива расширяется в направлении движения. Угол распыления становится больше.

С увеличением скорости испарения время полного испарения определяется по формуле:

$$\tau_{\text{и}} = \frac{d_0^2 \cdot \gamma}{8k_F \cdot \Delta p_{\text{п}}} \quad (1)$$

Из выражения видно, что время полного испарения прямо пропорционально квадрату начального диаметра капли при мелкодисперсном распыливании, обратно пропорционально коэффициенту диффузии, который возрастает при увеличении температуры и обратно пропорционально упругости паров топлива, которая увеличивается при температуре испарения [8].

Топливоздушная смесь быстро нагревается и воспламеняется, уменьшается время на прогрев топлива до температуры самовоспламенения. За счет улучшения условий смесеобразования процесс сгорания будет происходить интенсивнее, с меньшими значениями скорости нарастания давления. Мелкодисперсное распыление позволяет улучшить некоторые экологические показатели, так как создаются благоприятные условия для более полного сгорания топлива в цилиндре двигателя.

Цель и задачи

Цель исследований – экспериментальное определение экологических показателей дизельного двигателя Д-245.5S2 при его работе на высокоактивированном топливе.

Для достижения цели необходимо решить следующие задачи:

- исследовать влияние активированного топлива на работоспособность форсунки;
- исследовать влияние и установить зависимость экологических показателей работы дизеля 4ЧН 11,0/12,5 на активированном топливе.

Методы исследования

Для достижения выше поставленной цели были определены основные направления. Испытания проводились в несколько этапов. На первом этапе исследовалась работа топливной форсунки ФД-22.455.1112010-50 закрытого типа с гидравлическим управлением подъема иглы на активированном топливе. Испытания проводились в лабораторных условиях на стенде M107-CR, предназначенном для испытания и регулировки форсунок авто-тракторных дизельных двигателей по основным параметрам согласно ГОСТ 10579-2017 [10] в диапазоне температур от 50 до 300 °С. Измерения производились по стрелочному манометру (диапазон воспроизводимого давления от 0 до 40 МПа). Дизельное топливо соответствовало ГОСТ 305-2013 [11], а вязкость топлива техническим условиям на форсунки. Температура окружающей среды соответствовала ГОСТ 10579-2017. В качестве нагревательного элемента использовался провод с высоким электрическим сопротивлением диаметром 0,4–0,5 мм. Температурный диапазон регулировался при помощи регулятора напряжения. Результаты исследований топливной форсунки (табл. 1) при работе на высокоактивированном топливе позволяют сделать вывод, о ее работоспособности и соответствии техническим требованиям ГОСТ 10479-2017.

На втором этапе производилось экспериментальное определение регулировочных показателей дизельного двигателя Д-245.5S2 при его работе на высокотемпературном ДТ. В состав экспериментальной установки входил двигатель Д-245.5S2, электротормозной стенд RAPIDO SAK N670 с балансирной

маятниковой машиной, комплект измерительных приборов и система вывода данных на монитор компьютера (рис. 2). Далее исследовались параметры рабочего процесса, эффективные и токсические показатели дизеля на высокотемпературном ДТ на основных режимах его работы. Применялись комплект измерительных приборов по определению компонентов в ОГ и система вывода данных на монитор компьютера. Испытания проводились на ДТ без подогрева и с подогревом до 300 °С. Установочный угол опережения впрыскивания топлива ($\theta_{впр}$) при максимальном значении эффективного КПД соответствовал 22 градусам поворота коленчатого вала до в.м.т. [12].

Результаты и обсуждение

Использование активированного топлива влияет на работу топливоподающей аппаратуры (ТПА). При эксплуатации двигателя необходимо соответствие работы штатной ТПА требованиям ТУ завода-изготовителя, а форсунка должна удовлетворять основным параметрам ГОСТ. Результаты представлены в таблице 1.

Анализ и расчетные значения топливного факела (табл. 2) при нагреве характеризуются увеличением угла распыливания, изменением физико-механических свойств ДТ, уменьшением длины топливной струи и объемно-поверхностного диаметра капель топлива.

Происходит интенсивная деструкция топливного факела, улучшаются условия смесеобразования, повышается однородность топливовоздушной смеси (при тепловом воздействии изменяется коэффициент поверхностного натяжения и кинематическая вязкость топлива) [13].

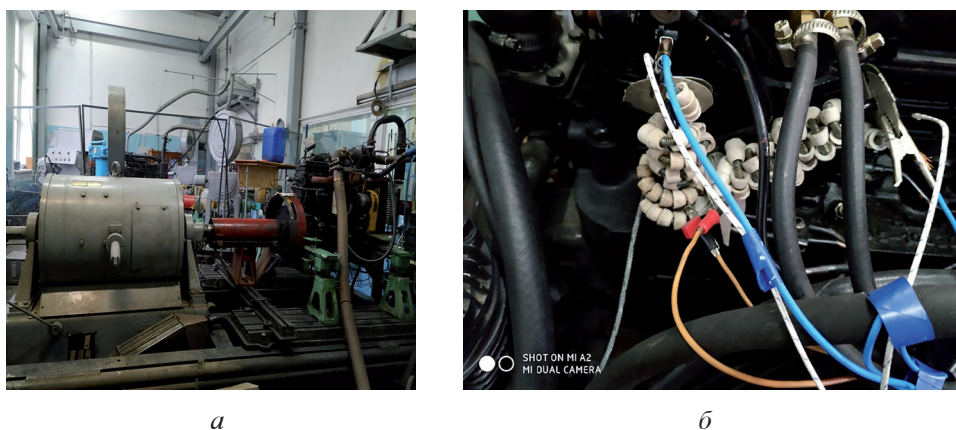


Рис. 2. Общий вид:
а) нагрузочного стенда; б) подогревателей на дизеле
Fig. 2. General view: a) load test bench; b) diesel heaters

Таблица 1

Результаты испытания форсунки ФД-22.455.1112010-50

Table 1. Test results of the injector FD-22.455.1112010-50

№ п/п	Основные параметры в соответствии с ГОСТ	Среднее значение повторности опытов					
		50 °C	100 °C	150 °C	200 °C	250 °C	300 °C
1	Давление начала впрыскивания, МПа	21,08	20,92	20,75	20,66	20,62	20,59
2	Подвижность иглы распылителя	да	да	да	да	да	да
3	Качество распыливания	да	да	да	да	да	да
4	Герметичность по запирающему конусу, сек	104,0	92,0	71,00	47,33	28,00	16,67
5	Герметичность уплотнений	да	да	да	да	да	Да
6	Гидроплотность распылителей, сек	11,33	9,33	8,00	6,33	5,67	5,33
7	Отклонение струй топлива от заданных направлений	не выявлено	не выявлено	не выявлено	не выявлено	не выявлено	не выявлено

Таблица 2

Характеристики топливного факела в зависимости от температуры активации ДТ

Table 2. Characteristics of the fuel flame depending on the activation temperature of the diesel fuel

№ п/п	Показатели	ДТ без подогрева	ДТ ($t_1 = 150$ °C)	ДТ ($t_2 = 300$ °C)
1	Число Вебера, W_e	158022	280847	$1782 \cdot 10^3$
2	Средний диаметр капель ДТ при впрыске по Заутеру, d_{32} , мкм	26,31	19,42	4,52
3	Угол топливного факела, $\text{tg} \frac{\Theta}{2}$	13,24	0,1912	0,621
4	Угол топливного факела, Θ , град.	14°49'	20°55'	51°9'
5	Длина топливной струи, s , м	0,0265	0,0221	0,015
6	Скорость впрыскивания топлива, v , м/с	144,81	155,88	219,48
7	Длина топливной струи, s , м (за 1 градус п.к.в.)	0,0066	0,0071	0,009

Испытания двигателя проводились для оценки его основных показателей при работе двигателя на активированном топливе. Оценка влияния активированного топлива на эффективные и экологические показатели проводилась на основе анализа нагрузочных характеристик двигателя при $n = 1800$ мин⁻¹, $n = 1400$ мин⁻¹ и оптимальном значении угла опережения впрыскивания топлива $\Theta_{\text{впр}} = 22^\circ$ до в.м.т. ГОСТ 17.2.2.02-98 устанавливает нормы и методы определения дымности отработавших газов. Дымность определяют при положении органов управления регулятором частоты вращения коленчатого вала дизеля, соответствующем полной подаче топлива при номинальной частоте вращения коленчатого вала и частоте вращения коленчатого вала, соответствующей режиму максимального крутящего момента дизеля [14, 15].

Из графиков экологических показателей (рис. 3) видно, что содержание сажи (С) в отработавших газах при работе на ДТ с подогревом увеличивается при увеличении среднего эффективного давления (характер подъема линии графика). Можно предположить, что при мелкодисперсном распылении топлива в ядре струи образуются зоны горения обогащенных участков смеси с локальным повышением температуры и недостатком кислорода. При таких условиях на малых нагрузках может происходить пиролиз топлива с образованием углерода и оксида углерода. При нагрузке, равной 0,9 МПа, значение выбросов углерода составляет 10 % и 10,6 % при работе дизеля с подогревом топлива 100 °C и 300 °C соответственно.

Увеличение содержания концентрации монооксида углерода (рис. 4) дает увеличе-

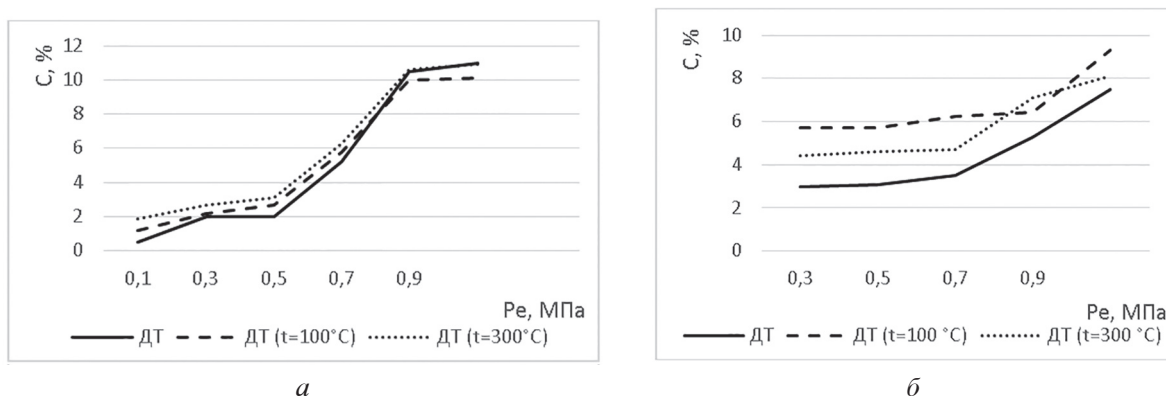


Рис. 3. Показатели уровня сажи в ОГ при частоте вращения коленчатого вала:

а) $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$ и б) $n = 1400 \text{ мин}^{-1}$

Fig. 3. Soot level indicators in the exhaust gas at the frequency of the crankshaft rotation:

а) $n = 1800 \text{ min}^{-1}$ and б) $n = 1400 \text{ min}^{-1}$

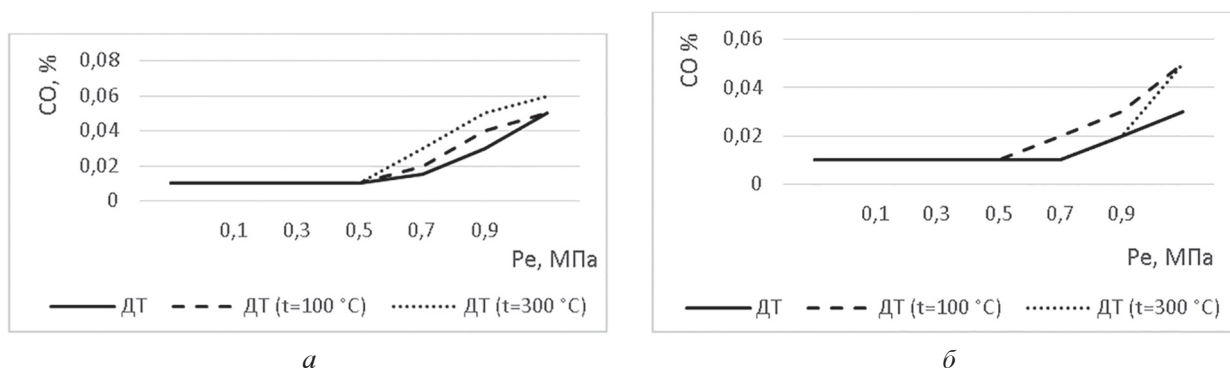


Рис. 4. Показатели уровня СО в ОГ при частоте вращения коленчатого вала:

а) $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$ и б) $n = 1400 \text{ мин}^{-1}$

Fig. 4. CO level indicators in the exhaust gas at the frequency of the crankshaft rotation:

а) $n = 1800 \text{ min}^{-1}$ and б) $n = 1400 \text{ min}^{-1}$

ние среднего эффективного давления (подъем линии графика), а в целом концентрация СО незначительно увеличивается и составляет 0,04 %, 0,04 % и 0,05 % для ДТ без подогрева, при работе дизельного двигателя с подогревом топлива 100 °С и 300 °С соответственно. Предполагается, что образование монооксида углерода происходит в условиях недостатка кислорода в зоне распылителей форсунки, а также в ходе холоднопламенных реакций [1].

Из графиков экологических показателей (рис. 5) видно, что содержание оксидов азота (NO_x) в ОГ при работе как на ДТ без подогрева, так и при работе дизеля с подогревом топлива 100 °С и 300 °С повышается при увеличении среднего эффективного давления. Однако при работе дизеля численные значения оксида азота уменьшаются и составляют 952 ppm и 948 ppm с подогревом топлива

100 °С и 300 °С соответственно (при частоте вращения коленчатого вала $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$). Можно предположить, что за счет интенсификации процесса смесеобразования не происходит резкого повышения температуры в цилиндре двигателя.

Содержание оксидов азота (NO_x) в ОГ при работе дизеля с частотой вращения коленчатого вала $n = 1400 \text{ мин}^{-1}$ увеличивается как на ДТ без подогрева, так и с подогревом. Численные значения оксидов азота увеличиваются на 4,62 % при подогреве топлива до 300 °С по сравнению с ДТ при нагрузке 0,9 МПа. Согласно теории Зельдовича, образование NO_x в процессе сгорания связано с повышением локальной концентрации атомов кислорода и локальной температуры в зоне реакции, что приводит к повышению концентрации оксидов азота в зонах сгорания бедной смеси на поздних стадиях горения [2].

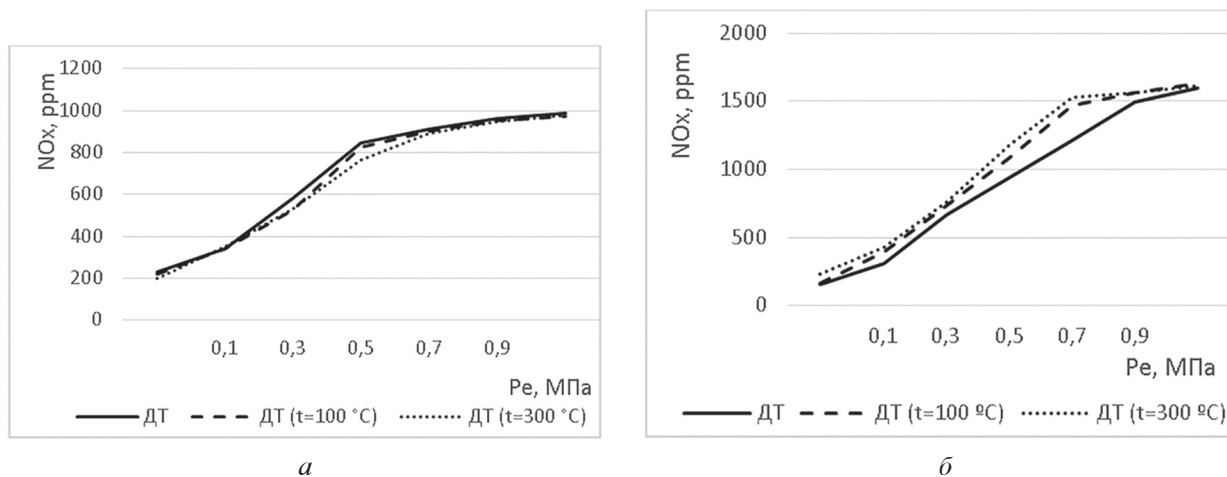


Рис. 5. Показатели уровня NO_x в ОГ при частоте вращения коленчатого вала:
а) $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$ и б) $n = 1400 \text{ мин}^{-1}$

Fig. 5. NO_x level indicators in the exhaust gas at the frequency of the crankshaft rotation:
а) $n = 1800 \text{ min}^{-1}$ and б) $n = 1400 \text{ min}^{-1}$

Работа дизельного двигателя на топливе с подогревом сопровождается повышением (подъем линии графика) выбросов диоксида углерода (CO_2) с ОГ в сторону увеличения среднего эффективного давления (рис. 6). При давлении равном 0,9 МПа численные значения диоксида углерода составляют 8,44 %, 8,06 % и 8,29 % при работе двигателя на ДТ и с подогревом ДТ до 100 °С и 300 °С, соответственно. Основное влияние в этом случае оказывает недостаток кислорода в зоне горения.

На рис. 7 представлены показатели содержания C_xH_y в отработавших газах при частоте вращения коленчатого вала 1800 мин^{-1} и частоте максимального крутящего момента 1400 мин^{-1} . При работе дизельного двигателя при $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$ с подогревом топлива наблюдается увеличение концентрации C_xH_y

в сторону повышения среднего эффективного давления (подъем линии графика). Так, при давлении равном 0,9 МПа значение C_xH_y при работе дизеля составляет 5 %, 4,8 %, 4,7 % для случаев ДТ без подогрева, с подогревом топлива до 100 °С и до 300 °С, соответственно.

При работе дизеля на частоте вращения коленчатого вала 1400 мин^{-1} значения концентрации C_xH_y при нагреве ДТ уменьшаются. Предполагается, что при мелкодисперсном впрыскивании и хорошей скорости диффузии окислителя происходит ускорение реакции окисления углеводородов, а значит, и снижение их концентрации в ОГ. На режимах нагрузки температура в цилиндре двигателя повышается, а мелкодисперсное впрыскивание приводит к быстрому разложению легких и средних молекул углеводородов.

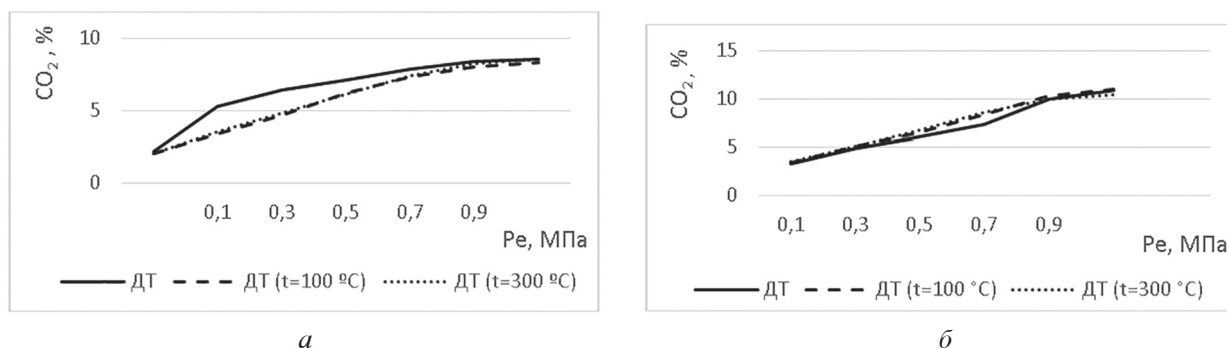


Рис. 6. Показатели уровня CO_2 в ОГ при частоте вращения коленчатого вала:
а) $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$ и б) $n = 1400 \text{ мин}^{-1}$

Fig. 6. CO_2 level indicators in the exhaust gas at the frequency of the crankshaft rotation:
а) $n = 1800 \text{ min}^{-1}$ and б) $n = 1400 \text{ min}^{-1}$

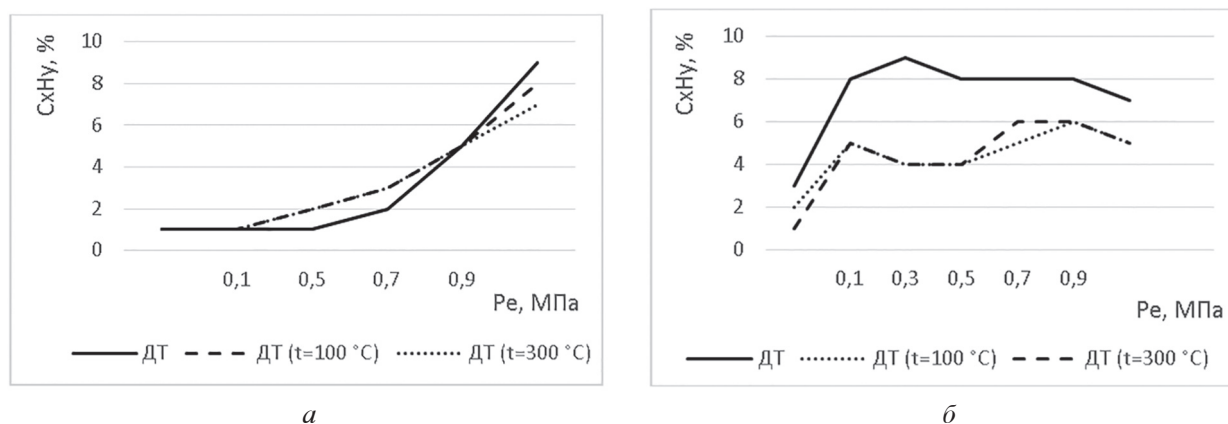


Рис. 7. Показатель уровня C_xH_y в ОГ при частоте вращения коленчатого вала:
а) $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$ и б) $n = 1400 \text{ мин}^{-1}$

Fig. 7. C_xH_y level indicators in the exhaust gas at the frequency of the crankshaft rotation:
а) $n = 1800 \text{ min}^{-1}$ and б) $n = 1400 \text{ min}^{-1}$

Выводы

1. Результаты исследований топливной форсунки при работе на высокоактивированном топливе позволяют сделать вывод о ее работоспособности.

2. В результате испытаний были установлены зависимости показателей токсичности и дымности, выявлены их изменения при работе двигателя на активированном топливе.

3. Нагрев топлива позволяет снизить содержание C_xH_y в ОГ с 8 ppm до 6 ppm при нагреве топлива до 300 °C и работе двигателя на частоте вращения коленчатого вала 1400 мин^{-1} . Содержание оксидов азота в ОГ при работе двигателя на нагретом топливе при $n = 1400 \text{ мин}^{-1}$ увеличивается на 0,01 % по сравнению с ДТ без подогрева, а при частоте вращения $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$ уменьшается на 0,01 %. Концентрации углерода составляют 10,6 %, 10 % и 10,6 % при работе дизельного двигателя на ДТ без подогрева и с подогревом топлива до 100 °C и до 300 °C соответственно.

Литература

- Ассад М.С., Пенязьков О.Г. Продукты сгорания жидких и газообразных топлив: образование, расчет, эксперимент. Минск: Беларус. Наука, 2010. 305 с.
- Чигир Н.А., Вейнберг Р.Дж., Боумэн К.Т. и др. Образование и разложение загрязняющих веществ в пламени. Пер. с англ. под ред. Ю.Ф. Дяткина. Москва: Машиностроение, 1981. 407 с.
- Плотников С.А. Улучшение эксплуатационных показателей дизелей путем создания новых альтернативных топлив и совершенствование топли-
- воподающей аппаратуры: монография. Нижний Новгород: НГТУ, 2011. 40 с.
- Мартынова И.Б. Исследование особенностей топливоподачи и экономичности дизеля на долевых нагрузках при подогреве топлива: автореферат дисс. канд. техн. наук. Калининград, КГТУ, 1996. 23 с.
- Плотников С.А., Бузиков Ш.В., Бирюков А.Л. Анализ процесса сгорания и тепловыделения тракторного дизеля с термической подготовкой топлива // Молочнохозяйственный вестник, 2017. № 3 (27). С. 114–124.
- Плотников С.А., Бузиков Ш.В., Атаманюк В.Ф. Исследование процесса сгорания и тепловыделения дизеля с термофорсированием // Тракторы и сельхозмашины, 2014. № 7. С. 25–27.
- Балабин В.Н., Васильев В.Н. Особенности применения термофорсирования топлива на локомотивных дизелях // Современные наукоемкие технологии, 2015. № 4. С. 107–113.
- Орлин А.С., Вырубов Д.Н., Калиш Г.Г. и др. Двигатели внутреннего сгорания. Под ред. А.С. Орлина. Москва: Машгиз, 1957. Том 1. 396 с.
- Файнлейб Б.Н. Топливная аппаратура автотракторных дизелей: Справочник. Ленинград: Машиностроение, 1990. 352 с.
- ГОСТ 10579-2017 Форсунки дизелей. Технические требования и методы испытаний. М.: Изд-во стандартов, 2018. 14 с.
- ГОСТ 305-82 Топливо дизельное. Технические условия. М.: Изд-во стандартов, 1983. 15 с.
- Карташевич А.Н., Плотников С.А., Мотовилова М.В. Оценка регулировочных показателей дизеля при высокотемпературном воздействии на ДТ // Вестник РГТУ, 2019. № 4 (44). С. 131–136. DOI 10.36508/RSATU.2019.68.89.023

13. Плотников С.А., Кантор П.Я., Мотовилова М.В. Расчет характеристик впрыскивания при работе дизеля на активированном топливе // Двигательное строение, 2019.
14. ГОСТ 17.2.2.02-98. Охрана природы. Атмосфера. Нормы и методы определения дымности отработавших газов дизелей, тракторов и самоходных сельскохозяйственных машин. М.: Изд-во стандартов, 1998. 11 с.
15. ГОСТ 17.2.2.05-97. Охрана природы. Атмосфера. Нормы и методы измерения выбросов вредных веществ с отработавшими газами тракторных и комбайновых дизелей. М.: Изд-во стандартов, 1998. 13 с.

References

1. Assad M.S., Peniaz'kov O.G. Produkty sgoraniya zhidkikh i gazoobraznykh topliv: obrazovaniye, raschet, eksperiment [Combustion products of liquid and gaseous fuels: formation, calculation, experiment]. Minsk: Belarus. Nauka Publ., 2010. 305 p.
2. Chigir N.A., Veynberg R.Dzh., Boum'en K.T. i dr. Obrazovaniye i razlozheniye zagryaznyayushchikh veshchestv v plameni [Formation and decomposition of contaminants in the flame]. Per. s angl. pod red. YU.F. Dityakina. Moscow: Mashinostroyeniye Publ., 1981. 407 p.
3. Plotnikov S.A. Uluchsheniye ekspluatatsionnykh pokazateley dizeley putem sozdaniya novykh al'ternativnykh topliv i sovershenstvovaniye toplivopoddayushchey apparatury [Improving the performance of diesel engines by creating new alternative fuels and improving fuel supply equipment]: monografiya. Nizhniy Novgorod: NGTU Publ., 2011. 40 p.
4. Martynova I.B. Issledovaniye osobennostey toplivopodachi i ekonomichnosti dizelya na dolevykh nagruzkakh pri podogreve topliva: avtoreferat diss. kand. tekhn. nauk [Investigation of the peculiarities of fuel supply and efficiency of a diesel engine at fractional loads when heating fuel: Abstract to Dissertation for Degree of PhD in Engineering]. Kaliningrad, KGTU, 1996. 23 p.
5. Plotnikov S.A., Buzikov SH.V., Biryukov A.L. Analysis of the combustion process and heat release of a tractor diesel engine with thermal fuel preparation. Molochnokhozyaystvennyy vestnik, 2017. No 3 (27), pp. 114–124 (in Russ.).
6. Plotnikov S.A., Buzikov SH.V., Atamanyuk V.F. Investigation of the combustion process and heat release of a diesel engine with thermal boost. Traktory i sel'khoz mashiny, 2014. No 7, pp. 25–27 (in Russ.).
7. Balabin V.N., Vasil'yev V.N. Features of the use of thermal boosting of fuel on locomotive diesel engines. Sovremennyye naukoemye tekhnologii, 2015. No 4, pp. 107–113 (in Russ.).
8. Orlin A.S., Vyrubov D.N., Kalish G.G. i dr. Dvigateli vnutrennego sgoraniya [Internal combustion engines]. Pod red. A.S. Orlina. Moscow: Mashgiz Publ., 1957. Vol. 1. 396 p.
9. Faynleyb B.N. Toplivnaya apparatura avtotraktornykh dizeley: Spravochnik [Fuel equipment of autotractor diesel engines: Handbook]. Leningrad: Mashinostroyeniye Publ., 1990. 352 p.
10. GOST 10579-2017 Diesel injectors. Technical requirements and test methods. Moscow: Izd-vo standartov Publ., 2018. 14 p.
11. GOST 305-82 Diesel fuel. Technical conditions. Moscow: Izd-vo standartov Publ., 1983. 15 p.
12. Kartashevich A.N., Plotnikov S.A., Motovilova M.V. Evaluation of diesel engine adjusting parameters under high-temperature impact on diesel fuel. Vestnik RGATU, 2019. No 4 (44), pp. 131–136 (in Russ.). DOI 10.36508/RSATU.2019.68.89.023
13. Plotnikov S.A., Kantor P.YA., Motovilova M.V. Calculation of injection characteristics when the diesel engine is running on activated fuel. Dvigatel'stroyeniye, 2019.
14. GOST 17.2.2.02-98. Protection of Nature. Atmosphere. Norms and methods for determining the opacity of exhaust gases of diesel engines, tractors and self-propelled agricultural machinery. Moscow: Izd-vo standartov Publ., 1998. 11 p.
15. GOST 17.2.2.05-97. Protection of Nature. Atmosphere. Standards and methods for measuring emissions of harmful substances with exhaust gases of tractor and combine diesel engines. Moscow: Izd-vo standartov Publ., 1998. 13 p.

INVESTIGATION OF THE ENVIRONMENTAL CHARACTERISTICS OF A DIESEL ENGINE WHEN OPERATING ON ACTIVATED FUEL

DSc in Engineering **S.A. Plotnikov**, DSc in Engineering **A.N. Kartashevich**, **M.V. Motovilova**
Vyatka State University, Kirov, Russia
Plotnikovsa@bk.ru

The internal combustion engine is the most widespread source of energy for vehicles. The main requirements for an internal combustion engine include: the efficiency of functioning as part of a vehicle, high performance indicators, as well as environmental parameters of the emission of exhaust gases into the environment. The fulfillment of these conditions is possible by improving the design of the engine, as well as improving the working process of the diesel engine while increasing the quality of diesel fuel or additional impact directly on the fuel itself.

One of the most effective ways to influence diesel fuel is to transfer a certain amount of heat to it in the high-pressure fuel line in front of the injectors. At the same time, the physical and mechanical properties of diesel fuel change, which leads to a change in mixture formation and the combustion process in the engine cylinder. To intensify the combustion process, a method of preliminary high-temperature local heating of diesel fuel in the fuel supply system in front of the injectors was proposed.

To achieve this goal, several main directions were identified, including the study of environmental indicators during the intensification of the combustion process.

The tests were carried out in stages. At the first stage, the operation of the fuel injector when operating on activated fuel (bench, laboratory tests) was investigated. At the next stage, the indicators of the diesel engine in the main modes of its operation were investigated.

Bench (laboratory) tests made it possible to draw a conclusion about the operability and compliance of the aggregate with the technical requirements of the manufacturer and the parameters of GOST. The bench tests proved the possibility of a diesel engine running on activated fuel without deteriorating environmental performance in the exhaust gases; at the same time, changes in the toxicity and smoke of the exhaust gases from different values of the average effective pressure were revealed.

Keywords: diesel, highly activated fuel, environmental performance, smoke, toxicity, exhaust gases.

Cite as: Plotnikov S.A., Kartashevich A.N., Motovilova M.V. Investigation of the environmental characteristics of a diesel engine when operating on activated fuel. *Izvestiya MG TU «MAMI»*. 2021. No 1 (47), pp. 54–62 (in Russ.). DOI: 10.31992/2074-0530-2021-47-1-54-62.