

УДК 621.43.057

С.А. Плотников, А.Н. Карташевич, М.В. Мотовилова

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТРАКТОРНОГО ДИЗЕЛЯ
ПРИ РАБОТЕ НА АКТИВИРОВАННОМ ТОПЛИВЕ**

Вятский государственный университет

Целью работы является исследование эффективных показателей тракторного дизеля при работе на активированном топливе. Метод настоящих исследований – теоретический анализ существующих воздействий на дизельное топливо и экспериментальное исследование работы двигателя на активированном топливе. Проведенные исследования и анализ нагрузочных характеристик позволили определить влияние активированного топлива на эффективные показатели тракторного дизеля.

При эксплуатации транспортных средств в народном хозяйстве повышенное внимание уделяется повышению мощности и КПД двигателя, снижению расхода топлива и улучшению экологических показателей. При работе двигателя существенное значение имеет не только качественный состав применяемого топлива, но и его предварительная подготовка. Для улучшения эффективных показателей дизельного двигателя можно интенсифицировать сам процесс сгорания с помощью активированного топлива. Дополнительное воздействие на топливо положительно влияет на его свойства. Одним из способов интенсификации процесса является дополнительная передача тепла топливу. При термическом воздействии на топливо возможны изменения показателей работы двигателя. Испытания двигателя производятся для оценки его основных показателей. В ходе экспериментальных исследований устанавливается несколько температурных режимов.

Ключевые слова: дизель, топливоподающая аппаратура (ТПА), активированное топливо, эффективные показатели, процесс сгорания.

В народном хозяйстве России высоким спросом пользуются колесные тракторы средней мощности. Перспективно использование данных тракторов на энергоемких операциях в сельском хозяйстве – при обработке почвы и транспортных работах. Для модели трактора «Беларус 922» (рис. 1) производства Минского тракторного завода предусмотрен шлейф прицепных и навесных орудий и приспособлений. Характеристики дизельного двигателя Д-245.5S2 (основные параметры), установленного на «Беларус 922» и характеристики самого колесного трактора «Беларус 922» (основные параметры) приведены в табл. 1 и 2.



Рис. 1. Общий вид трактора Беларус 922

Особое внимание при эксплуатации тракторного двигателя уделяется его мощностным характеристикам, КПД, а также снижению расхода топлива и улучшению экологических показателей.

Таблица 1

Технические характеристики дизельного двигателя Д-245.5S2

Наименование параметров	Значение
Способ смесеобразования	Непосредственный впрыск
Число цилиндров, расположение	4, рядное, вертикальное
Рабочий объем, л	4,75
Диаметр цилиндра / ход поршня, мм	110/125
Степень сжатия	17
Номинальная мощность, кВт	70
Номинальная частота вращения, мин ⁻¹	1800
Максимальный крутящий момент, Н·м	464
Частота вращения при максимальном крутящем моменте, мин ⁻¹	1400
Удельный расход топлива при номинальной мощности, г/кВт·ч	220

Таблица 2

Технические характеристики колесного трактора «Беларус 922»

Наименование параметров	Значение
Габаритные размеры: длина/ширина/высота, мм	4440/1970/2560
Дорожный просвет, мм	520
Колея по передним колесам (min/max), мм	1420/2100
Колея по задним колесам (min/max), мм	1800/2100
Передние шины	360/70R24
Задние шины	15,5R38
Удельное давление на грунт, кПа	140
Емкость бака для топлива, л	125

Фракционный состав топлива и его свойства в процессе сгорания оказывают влияние на показатели работы двигателя. В настоящее время на основе экспериментальных исследований и полученных данных, предложен ряд способов воздействия на топливо. Способы воздействия подразделяются на химические и физические. На сегодняшний день используют оба способа. При химическом способе результат достигается в применении различных присадок и химических веществ. Физический способ основан на действии магнитного, радиационного, электромагнитного, ультрафиолетового и температурного, а также других видов воздействия на топливо. В результате физического воздействия происходит изменение физико-механических свойств топлива [1, 2]. Одним из действенных и перспективных способов активации дизельного топлива является дополнительная передача ему тепла [3-6].

При проведении исследований [3] рассматривался вопрос о влиянии предварительного подогрева маловязкого топлива на процессы, происходящие в системе низкого давления дизелей. В результате теоретического и практического исследования делается вывод об улучшении качества горения топлива за счет уменьшения коэффициента поверхностного натяжения и за счет интенсификации распыливания и смесеобразования во всем диапазоне режимов нагружения. Интерес вызывают работы авторов [4, 5], направленные на исследование процесса сгорания с термической подготовкой топлива. На основании проведенных экспериментальных исследований было установлено, что при предварительном нагреве топлива не происходит ухудшения эффективных показателей работы дизеля (напротив, имеет место снижение часового расхода топлива и удельного эффективного расхода топлива [4,5]. При использовании предложенного метода улучшаются показатели процесса сгорания, надежности и долговечности.

На основании проведенных экспериментальных исследований в тепловозных дизелях, были установлены зависимости влияния различного подогрева топлива на продолжительность впрыска топлива, на изменение давления в форсунке при впрыске топлива [6].

Теоретическая часть

При работе энергетической установки колесного трактора большое внимание следует уделять его основным энергетическим, экологическим и экономическим характеристикам. На протяжении последнего ряда лет теория и практика двигателестроения были направлены на усовершенствование конструкции тракторного двигателя, а также рабочего процесса двигателя, работающего на стандартном топливе. Однако активация топлива может также положительно сказаться на рабочем процессе дизеля. В процессе воспламенения и сгорания существенное значение имеет качество самого применяемого топлива, его фракционный состав, физико-механические свойства, а также способ предварительного воздействия на топливо [7-10]. Одним из действенных способов активации дизельного топлива является дополнительная передача тепла топливу в системе топливоподачи. В линии низкого давления высокотемпературный нагрев неэффективен, так как не обеспечивается герметичность топливной аппаратуры. Передачу тепла целесообразнее осуществлять в линии высокого давления, непосредственно перед форсунками. В результате быстрого локального нагрева топлива перед его подачей в цилиндры не происходит нагрев элементов системы питания.

При термическом воздействии на топливо наблюдается снижение его вязкости. Поверхностное натяжение капли топлива уменьшается, а само топливо распыляется на мелкодисперсные фракции, что способствует равномерному его распределению в камере сгорания. Площадь соприкосновения с воздухом увеличивается, температура капли возрастает, процесс испарения идет интенсивнее. Уменьшается время на прогрев топлива до температуры самовоспламенения. Самовоспламенение смеси происходит в нескольких местах камеры сгорания. При высоком температурном воздействии на топливо число центров воспламенения в цилиндре двигателя значительно увеличивается.

Целью данной работы является исследование эффективных показателей тракторного двигателя Д-245.5S2 при работе на активированном топливе.

Методика проведения эксперимента

При активации топлива (температурный диапазон составил от 100 °С до 300 °С) в линии высокого давления возможны изменения показателей работы двигателя. Дизельная ТПА, при проведении исследования на высокоактивированном топливе, соответствовала требованиям технических условий завода-изготовителя, а форсунка удовлетворяла основным параметрам ГОСТ 10579-2017 [12, 13].

Исследование эффективных показателей тракторного дизеля при работе на активированном топливе проводилось в соответствии с ГОСТ 18509-88 [11]. При проведении экспериментальных исследований использовался нагрузочный электротормозной стенд RAPIDO SAK N670 с балансирной маятниковой машиной. Данный стенд оборудован всеми необходимыми устройствами и приборами для снятия показаний нагрузочной характеристики двигателя, а также токсичности и дымности в отработавших газах. Общий вид нагрузочного электротормозного стенда RAPIDO SAK N670 с балансирной маятниковой машиной представлен на рис. 2.



Рис. 2. Электротормозной нагрузочный стенд RAPIDO SAK N670 с балансирной маятниковой машиной

Влияние дизельного и высокоактивированного дизельного топлива (нагретого до 300 °С) оценивалось по результатам нагрузочных характеристик, снятых при частоте вращения коленчатого вала 1800 мин⁻¹, а также в режиме максимального крутящего момента при частоте 1400 мин⁻¹. Все испытания проводились при атмосферных условиях, температуре, влажности окружающего воздуха, которые соответствовали ГОСТ 15150-69. Нагревательное устройство устанавливалось на топливопроводе высокого давления непосредственно перед форсунками. Общий вид и расположение нагревательного элемента на линии высокого давления представлено на рис. 3. Тепло от нагревательного элемента (устройства) передавалось топливу, которое сразу поступало в форсунку. Объем активированного топлива соответствовал объему цикловой подачи.

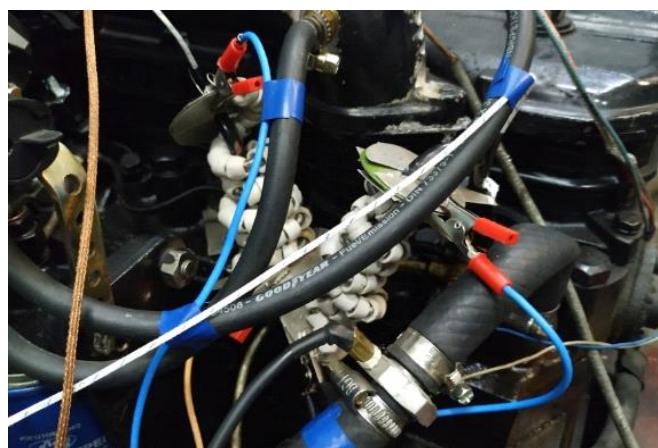


Рис. 3. Нагревательный элемент на линии высокого давления

Значение температуры топлива фиксировалось при помощи четырех термопар, установленных непосредственно перед форсунками и подключенных к восьмиканальному ПИД регулятору (рис. 4). Контроль топлива до нужной температуры корректировался регулятором мощности. Регулятор мощности и нагревательное устройство подключались в электрическую цепь с напряжением 220 В.



Рис. 4. Универсальный восьмиканальный ПИД регулятор

Экспериментальная часть

В исследовании по определению эффективных показателей тракторного дизеля при работе на активированном топливе использовался двигатель Д-245.5S2. Оценка влияния активированного топлива на эффективные показатели производилась на основе анализа нагрузочных характеристик. На рис. 5 представлена нагрузочная характеристика двигателя при частоте вращения коленчатого вала $n=1800 \text{ мин}^{-1}$ (при оптимальном значении угла опережения впрыскивания топлива $\Theta_{\text{впр}} = 22^\circ$ до в.м.т.).

Как видно из графика эффективных показателей, представленных на рис. 4, часовой расход топлива и эффективная мощность растут при работе тракторного двигателя на товарном ДТ, а также при работе на подогретом топливе во всем диапазоне изменения нагрузки. Численные значения часового расхода топлива чистого ДТ и активированного топлива очень близки по значению.

Удельный эффективный расход активированного дизельного топлива по сравнению с расходом ДТ без воздействия немного меньше. В случае изменения нагрузки от $P_e=0,7 \text{ МПа}$ до $P_e=0,94 \text{ МПа}$ имеет место некоторое увеличение мощности дизельного двигателя. При работе двигателя на товарном ДТ мощность составила $N_e=71,80 \text{ кВт}$, а при работе на активированном топливе значение мощности соответствует $N_e=73,81 \text{ кВт}$ (увеличение 2,7 %).

Значение эффективного КПД топлива при работе дизеля на активированном топливе при нагрузке $P_e=0,94$ составляет $\eta_e=39\%$, а при работе на товарном ДТ $\eta_e=38\%$, удельный эффективный расход топлива при данной нагрузке составил, соответственно, $g_e=216 \text{ г/кВт}\cdot\text{ч}$ на активированном топливе и $g_e=222 \text{ г/кВт}\cdot\text{ч}$ на товарном ДТ (снижение 2,7 %).

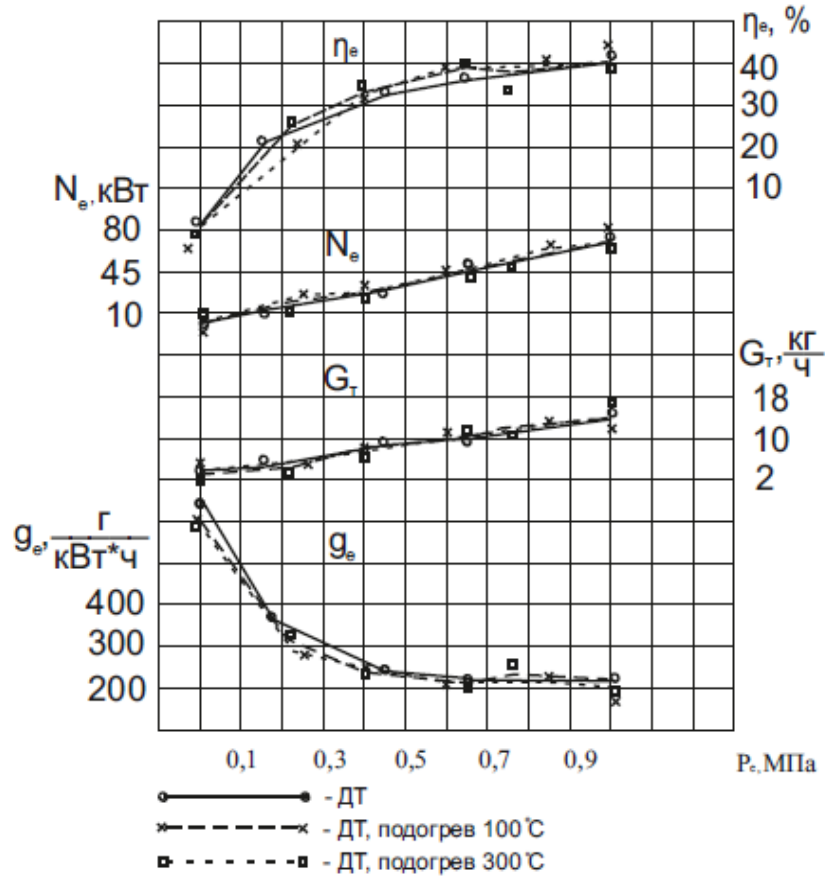


Рис. 5. Нагрузочная характеристика двигателя при $n=1800 \text{ мин}^{-1}$ и оптимальном значении угла опережения впрыскивания топлива $\Theta_{\text{впр}}=22^\circ$ до в.м.т.

На рис. 6 представлена нагрузочная характеристика двигателя в режиме максимального крутящего момента при $n=1400 \text{ мин}^{-1}$ (при оптимальном значении угла опережения впрыскивания топлива $\Theta_{\text{впр}}=22^\circ$ до в.м.т.).

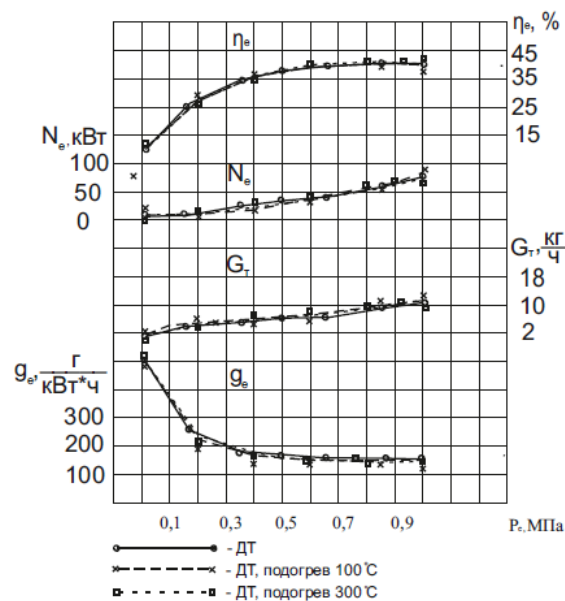


Рис. 6. Нагрузочная характеристика двигателя при $n=1400 \text{ мин}^{-1}$ и оптимальном значении угла опережения впрыскивания топлива $\Theta_{\text{впр}}=22^\circ$ до в.м.т.

Как видно из графика эффективных показателей, представленных на рис. 6, характер рассматриваемых параметров в целом не изменился. Эффективная мощность дизеля растет при увеличении нагрузки. Однако, максимальное значение мощности при работе двигателя на товарном ДТ составляет 66,6 кВт, а при работе на активированном топливе – 73,8 кВт. Увеличение нагрузки также вызывает рост часового расхода топлива. Удельный эффективный расход топлива при работе двигателя на активированном топливе составляет $g_e=159,02$ г/кВт×ч на активированном топливе и $g_e=159,7$ г/кВт×ч на товарном ДТ без подогрева.

Значения эффективного КПД при работе дизеля на активированном топливе и топливе без воздействия на него, равны 39,1 % и 38,1 % соответственно.

Результаты и выводы

На основании анализа проведённых стендовых испытаний можно сделать следующие выводы:

1. Применение активированного топлива не оказывает заметного влияния на работоспособность форсунок и системы питания тракторного дизеля.
2. При использовании активированного топлива улучшаются эффективные показатели работы тракторного дизеля.
3. Активация топлива положительно сказывается на его физических свойствах и, в целом, на рабочем процессе дизеля. Можно предположить улучшение условий сгорания топлива при увеличенном количестве выделенной теплоты. Возможно также улучшение экологических показателей.

Библиографический список

1. **Ассад, М.С.** Продукты сгорания жидких и газообразных топлив: образование, расчет, эксперимент / М.С. Ассад, О.Г. Пенязьков. – Минск: Беларус. Наука, 2010. – 305 с.
2. **Чигир, Н.А.** Образование и разложение загрязняющих веществ в пламени / Н.А. Чигир, Р. Дж. Вейнберг, К.Т. Боумэн. – М.: Машиностроение, 1981. – 407 с.
3. **Мартынова, И.Б.** Исследование особенностей топливоподачи и экономичности дизеля на долевых нагрузках при подогреве топлива. Автореферат дисс. канд. техн. наук / И.Б. Мартынова. – Калининград, КГТУ, 1996. – 23 с.
4. **Плотников, С.А.** Анализ процесса сгорания и тепловыделения тракторного дизеля с термической подготовкой топлива / С.А. Плотников, Ш.В. Бузиков, А.Л. Бирюков // Молочнохозяйственный вестник. – 2017. – №3 (27) – С. 114-124.
5. **Плотников, С.А.** Исследование процесса сгорания и тепловыделения дизеля с термофорсированием / С.А. Плотников, Ш.В. Бузиков, В.Ф. Атаманюк // Тракторы и сельхозмашины. – 2014. – №7. – С. 25-27.
6. **Балабин, В.Н.** Особенности применения термофорсирования топлива на локомотивных дизелях / В.Н. Балабин, В.Н. Васильев // Современные наукоемкие технологии. – 2015. – № 4. – С. 107-113.
7. **Плотников, С.А.** Влияние состава спиртосодержащего топлива на показатели процесса топливоподачи / С.А. Плотников, С.Н. Гушин, С.Р. Лебедев // Двигателестроение. – 2004. – №3. – С. 43-45.
8. **Плотников, С.А.** Определение регулировочных параметров системы топливоподачи тракторного дизеля при работе на топливных композициях с добавками рапсового масла/ С.А. Плотников, Ш.В. Бузиков, И.С. Козлов // Вестник РГАТУ, 2018. - №4 (40). – С 133-137.
9. **Плотников, С.А.** Анализ процесса сгорания генераторного газа и его смеси с бензином в поршневом двигателе / С.А. Плотников, А.С. Зубакин // Двигателестроение. – 2018. – № 3. – С. 14-18.
10. **Басевич, В.Я.** Механизмы окисления и горения нормальных парафиновых углеводородов: переход от C_1-C_{10} к $C_{11}-C_{16}$ / В. Я. Басевич [и др.] // Химическая физика. – Т. 32. – №4. – С. 1-10.
11. ГОСТ 18509-88. Дизели тракторные и комбайновые. Методы стендовых испытаний.
12. ГОСТ 10579-88. Форсунки дизелей. Общие технические условия.
13. ГОСТ 10579-2017. Форсунки дизелей. Технические требования и методы испытаний.

*Дата поступления
в редакцию: 21.10.2019*

S.A. Plotnikov, A.N. Kartashevich, M.V. Motovilova

**RESEARCH OF EFFECTIVE INDICATORS OF TRACTOR DIESEL AT WORK
ON THE ACTIVATED FUEL**

Vyatka State University

Object The object of the study is activated fuel.

The purpose was research The aim of this work is to study the effective performance of tractor diesel when working on activated fuel.

Methods of the present{true} researches - theoretical analysis of existing effects on diesel fuel and experimental studies of the engine on activated fuel.

Carried out researches and analysis of load characteristics allowed us to determine the effect of activated fuel efficient indicators of tractor diesel.

Key words: diesel engine, the fuel feed apparatus (TPA), the activated fuel efficient performance, combustion process.