

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО СОСТАВА
БИОМИНЕРАЛЬНЫХ ТОПЛИВНЫХ СМЕСЕЙ**

**DETERMINATION OF THE OPTIMAL COMPOSITION
OF BIOMINERAL FUEL MIXTURES**

Плотников С. А., д-р техн. наук, проф.,

Заболотских Г. Э., аспирант,

Вятский государственный университет, г. Киров,
Российская Федерация

S. Plotnikov, Doctor of Technical Sciences, Professor,

G. Zabolotskikh, PhD student,

Vyatka State University, Kirov, Russian Federation

Авторами статьи производится обзор исследований композиций растительных масел в ДТ, эмульсий с разными спиртами. Обращается внимание на то, что ранее не были исследованы биоминеральные топливные смеси (БМТС), содержащие в своем составе большую часть ДТ и меньшие – сурепного масла и спирта. Согласно лабораторных исследований физико-химических свойств БМТС были выявлены две близких БМТС, сходных по исследуемым параметрам к чистому ДТ: БМТС-10 и БМТС-25. Данные моторных испытаний работы двигателя Д-245.5S2, оснащенного топливным насосом ЯЗДА-773-40.28 на экспериментальном стенде, позволяют утверждать, что при работе на БМТС наблюдается экономия товарного ДТ по сравнению с работой на чистом минеральном топливе, снижение в отработанных газах вредных веществ и сохранение эффективных показателей работы ДВС.

The authors of the article review studies of compositions of vegetable oils in DT, emulsions with different alcohols. Attention is drawn to the fact that biomineral fuel mixtures (BMTS) containing most of the DT in their composition and smaller amounts of surepny oil and alcohol have not been studied before. According to laboratory studies of the physico-chemical properties of BMTS, two close BMTS were identified, similar in the studied parameters to pure DT: BMTS-10 and BMTS-25. Data from motor tests of the D-245.5S2 engine, equipped with a YAZDA-773-40.28 fuel pump on an experimental stand, allow us to assert that when work-

ing on BMTS, there is an economy of commercial diesel fuel compared to working on pure mineral fuel, a decrease in harmful substances in the exhaust gases and the preservation of effective performance indicators of the internal combustion engine.

Ключевые слова: *сурепное масло, этанол, ДТ, БМТС, регулировочные характеристики, эффективные показатели, экологические показатели, экономия.*

Keywords: *rapeseed oil, ethanol, DT, BMTS, regulatory characteristics, effective indicators, environmental indicators, economy.*

ВВЕДЕНИЕ

Современное увеличение производственных мощностей ведет росту количества энергоемкого оборудования и агрегатов. Если говорить, например, о строительстве или сельском хозяйстве к такому можно отнести технику, оснащенную дизельными двигателями. Выбор в пользу данного типа ДВС по сравнению с бензиновыми ДВС обуславливается множеством факторов: большим КПД, мощностью при сопоставимых габаритах, ресурсом и экономичностью. Однако, классическое дизельное топливо, также, как и бензин и керосин, производятся из не возобновляемого ресурса, нефти, количество которой с каждым годом уменьшается, что ведет к увеличению стоимости производимого топлива [1]. К тому же отработанные газы, образовавшиеся в результате работы ДВС на минеральном топливе, отличаются высокой токсичностью. Даже относительно полное сгорание топлива в цилиндрах дизеля ведет к образованию оксидов азота, несгоревших углеводородов, угарного газа и сажи. Таким образом, перед учеными неизбежно встает задача поиска альтернативного вида топлива, которое будет отличаться от классического меньшей стоимостью, сниженной токсичностью, и при этом иметь схожие эффективные показатели [2].

Актуальность использования, таким образом, т. н. биодита определяется не только отечественными, но и зарубежными учеными [3; 4].

По результатам обзорного анализа научных источников было определено, что использование этанола-сурепной эмульсии в качестве добавки к ДТ еще не рассматривалось на должном уровне. Образцы топлив с такими добавками в дальнейшем мы будем называть биоминеральными топливными смесями (БМТС).

Таким образом, целью исследования является определение оптимального содержания сурепного масла и этанола в БМТС на основе данных лабораторных моторных испытаний.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования на предмет определения наиболее оптимального состава БМТС проводились, базируясь на данных лабораторных и моторных испытаний.

При проведении лабораторных испытаний БМТС (в 2022 г., на базе «Вятский ГАТУ») исследовались физико-химические свойства (плотность, кинематическая вязкость и время стабильности смесей) [5]. Основываясь на результатах испытаний, были определены две принципиальных БМТС:

- 1) БМТС-10, состоящая из 80 % ДТ, 10 % СурМ и 10 % Эт;
- 2) БМТС-25, состоящая из 50 % ДТ, 25 % СурМ и 25 % Эт.

В последующем данные смеси были использованы в моторных испытаниях, которые проходили на базе Белорусской государственной сельскохозяйственной академии на экспериментальной установке.

Опираясь на результаты моторных испытаний, было необходимо определить влияние состава БМТС на рациональные значения установочного угла топливного насоса ЯЗДА-773-40.28 дизеля Д-245.5S2. Снятие показаний осуществлялось при номинальной частоте вращения коленчатого вала $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

На рис. 1 рассматриваются эффективные показатели работы ДВС: крутящий момент M_k , эффективная мощность N_e , часовой расход топлива G_t , удельный эффективный расход топлива g_e . Данные показатели были измерены и рассчитаны при разных установочных углах опережения впрыска $\Theta_{впр}$.

Согласно паспортной документации оптимальным установочным углом опережения впрыска ТНВД ЯЗДА-773-40.28 дизеля Д-245.5S2 является угол $\Theta_{впр} = 18^\circ$ п. к. в. Именно при этом угле удастся достичь оптимальных мощностных показателей работы дизеля на минеральном ДТ. Из графика видно, что крутящий момент составляет $M_k = 382 \text{ Н}\cdot\text{м}$, эффективная мощность $N_e = 70,2 \text{ кВт}$, удель-

ный эффективный расход $g_e = 228,4$ г/кВт·ч, а часовой расход $G_T = 16,2$ кг/ч.

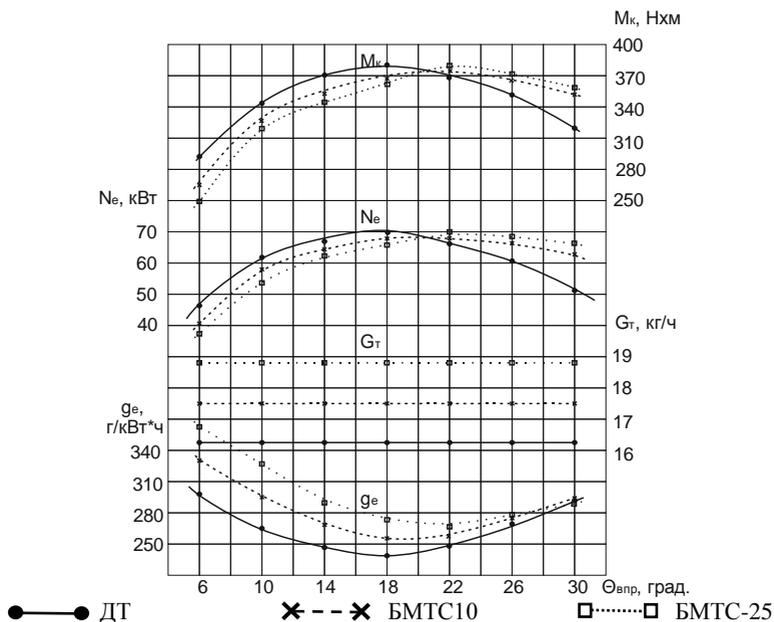


Рисунок 1 – Регулировочные характеристики дизеля Д-245.5S2 при $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$ (эффективные показатели)

Использование БМТС-10 и БМТС-25 не изменяет характер кривых, а сдвигает их в сторону более ранних установочных углов. Значение установочного угла $\Theta_{впр} = 22^\circ$ п. к. в. характеризуется тем, что показатели крутящего момента M_k и эффективной мощности N_e при работе двигателя на БМТС соответствуют этим же показателям при значении установочного угла $\Theta_{впр} = 18^\circ$ п. к. в. при работе на ДТ. Так, эффективная мощность N_e при 22° п. к. в. составляет: $N_{e \text{ БМТС-10}} = 67,9$ кВт, $N_{e \text{ БМТС-25}} = 69,8$ кВт, а $M_{k \text{ БМТС-10}} = 375,8$ Н·м, $M_{k \text{ БМТС-25}} = 381,7$ Н·м. При сохранении указанных выше мощностных показателей для данного угла топливоподдачи зафиксировано увеличение удельного эффективного расхода смеси: $g_{e \text{ БМТС-10}} = 261,4$ г/кВт·ч, $g_{e \text{ БМТС-25}} = 268,7$ г/кВт·ч. С увеличением удельного эффективного расхода, также увеличится и часовой расход $G_{T \text{ БМТС}}$, но при этом $G_{T \text{ ДТ}}$ снизится за счет снижения его количества в

БМТС. Массовый расчет экономии минерального ДТ в составе БМТС указывает на то, что при использовании его экономия для БМТС-10 и БМТС-25 составляет 14 % и 42 %, соответственно.

Рис. 2 представляет экологические показатели работы ДВС: температура отработанных газов T_r , сажа C , несгоревшие углеводороды C_xH_y , оксиды азота NO_x , оксиды углерода CO , диоксиды углерода CO_2 .

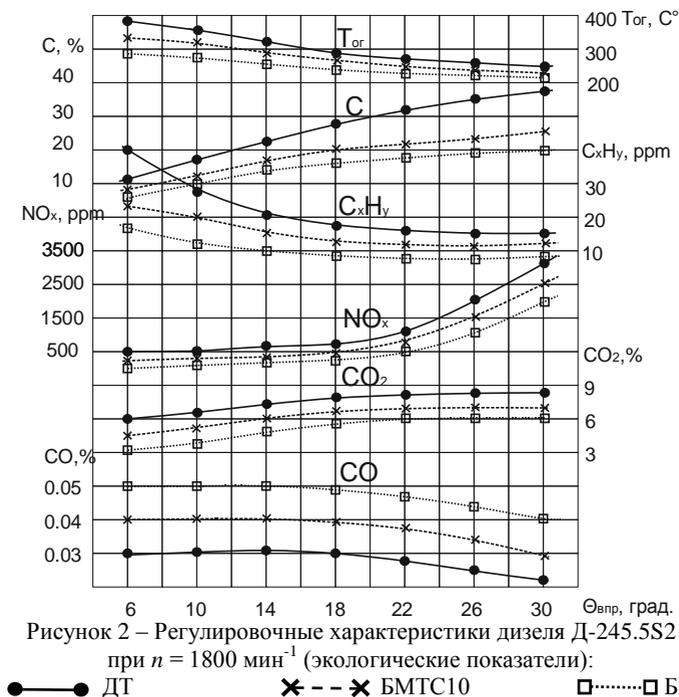


Рис. 2 представляет изменение эмиссии вредных химических соединений в отработанных газах как при работе ДВС на чистом ДТ, так и на БМТС-10 и БМТС-25 при изменении угла топливоподачи.

Из графика видно, что при смещении топливоподачи в сторону более ранних углов происходит увеличение содержания частиц сажи в отработанных газах.

Так, например, для установочного угла опережения впрыска $\Theta_{\text{впр}}(\text{ДТ}) = 18^\circ$ п. к. в., $\Theta_{\text{впр}}(\text{БМТС-10}) = 20^\circ$ п. к. в., $\Theta_{\text{впр}}(\text{БМТС-25}) = 22^\circ$

п. к. в. процентное содержание частиц сажи в отработавших газах составляло 27 %, 21 %, 18 %, соответственно.

При работе автотракторного дизеля на чистом ДТ на оптимальном паспортном установочном угле $\Theta_{\text{впр (ДТ)}} = 18^\circ$ п. к. в. содержание диоксида углерода составляет 8 %, тогда как с увеличением биокомпонентов в составе БМТС-10 и БМТС-25 при выбранном нами для этих смесей установочном угле $\Theta_{\text{впр (ДТ)}} = 22^\circ$ п. к. в. содержание диоксида углерода снижается, составляя 6,7 % и 6 %, соответственно.

Тренды на графике (рисунок 2) показывают снижение температуры ОГ. Так, при работе на ДТ при значении установочного угла $\Theta_{\text{впр (ДТ)}} = 6^\circ$ п. к. в. температура ОГ $T_r = 373^\circ\text{C}$, а при установочном угле $\Theta_{\text{впр (ДТ)}} = 30^\circ$ п. к. в. температура ОГ $T_r = 227^\circ\text{C}$. Подобную тенденцию к снижению температуры ОГ можно проследить при работе двигателя на БМТС-10 и БМТС-25.

С увеличением установочных углов опережения впрыска в отработанных газах наблюдается увеличение содержания оксидов азота NO_x . В процессе работы двигателя на минеральном топливе со значениями установочных углов опережения впрыска $\Theta_{\text{впр}}$ от 6° п. к. в. и до 18° п. к. в. отмечена плавная постепенная тенденция роста содержания оксидов азота NO_x 158 ppm, 531 ppm, соответственно. Работа дизеля на БМТС-10 и БМТС-25 сохраняет характер повышения содержания оксидов азота NO_x при смещении впрыска в сторону более ранних углов п. к. в., но показатели в сравнении с работой на ДТ будут несколько ниже.

В ходе проведенного анализа показателей эмиссии несгоревших углеводородов C_xH_y в отработанных газах при работе двигателя на смесях БМТС-10 и БМТС-25, в сравнении с работой на чистом минеральном ДТ также отмечено снижение их содержания относительно всех углов начала топливоподачи. Отмечено, что при значении оптимального установочного угла опережения впрыска $\Theta_{\text{впр}} = 18^\circ$ п. к. в. для товарного ДТ количество углеводородов C_xH_y составляет 18 ppm, а при работе на оптимальном для БМТС-10 и БМТС-25 угле топливоподачи $\Theta_{\text{впр}} = 22^\circ$ п. к. в. оно равно 14 ppm и 9 ppm, соответственно.

Снижение содержания несгоревших углеводородов C_xH_y наблюдается для всех исследуемых нами составов (ДТ, БМТС-10

и БМТС-25) при увеличении значений установочных углов начала опережения впрыска.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты, полученные в ходе эксперимента, позволяют установить, что оптимальным установочным углом опережения впрыска для БМТС-10 и БМТС-25 является 22° п. к. в. При данном угле обеспечивается:

1. Экономия товарного ДТ по сравнению с работой на чистом минеральном топливе (БМТС-10 – 14 %, БМТС-25 – 42 %).
2. Снижение содержания в отработанных газах типичных для чистого ДТ вредных веществ (углеводороды, углекислый газ, сажа, оксиды азота).
3. Сохранение эффективных паспортных показателей без увеличения жесткости при работе двигателя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Виноградов, Д. В. Сурепица яровая в южной части нечерноземной зоны [Электронный ресурс] // АГРО XXI: электрон. научн. журн. 2010. № 7–9. – Режим доступа: <http://https://www.agroxxi.ru/journal/20100709/20100709019.pdf>. – Дата доступа: 06.04.2023.
2. Исследование работы автотракторного дизеля 4ЧН 11,0/12,5 на смесях дизельного топлива с рапсовым маслом / С. А. Плотников [и др.]// Молочнохозяйственный вестник. – 2017. – № 1 (25) – С.110–118.
3. Was ist Biodiesel [Electronic resource]. – Mode of access: <http://https://www.bioe.ch/biodiesel/was-ist-biodiesel>. – Date of access: 10.05.2023.
4. Оптимизация системы топливоподачи тракторного дизеля для работы на топливах с добавками этанола / А. Н. Карташевич [и др.]// Труды НГТУ им. Р. Е. Алексеева: Нижний Новгород, 2019. – № 1 (124). – С. 186–193.
5. Плотников, С. А. Исследование свойств новых топлив для автотракторной техники / С. А. Плотников, Г. Э. Заболотских, П. Я. Кантор, М. Н. Втюрина. – 2022. – Т. 14, № 1. – С. 117–125.

Представлено 14.04.2023