

ТЕХНОЛОГИИ, СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ  
В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Научная статья

УДК 621.436

doi: 10.55471/19973225\_2023\_8\_3\_63

**РАБОТА ТРАКТОРНОГО ДИЗЕЛЯ НА БИОНЕФТЯНОМ ТОПЛИВЕ  
В РЕЖИМЕ ХОЛОСТОГО ХОДА**

**Александр Петрович Уханов<sup>1✉</sup>, Евгений Алексеевич Сидоров<sup>2</sup>, Лилия Ильдаровна Сидорова<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Пензенский государственный аграрный университет, Пенза, Россия

<sup>2, 3</sup>Ульяновский государственный аграрный университет, Ульяновск, Россия

<sup>1</sup>dispgau@mail.ru<sup>✉</sup>, <https://orcid.org/0009-0006-2210-5294>

<sup>2</sup>sidorovevgeniy@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6470-941X>

<sup>3</sup>lis.ulgau@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8693-6090>

*Цель исследований – выполнить экспериментальную оценку технико-экономических и экологических показателей атмосферного тракторного дизеля Д-243 при его работе в безнагрузочном режиме самостоятельного холостого хода на дизельном смесевом бионефтяном топливе, растительным компонентом которого является редечное масло. В процессе эксплуатации двигатель автотракторной техники до 35% сменного времени работает в безнагрузочном режиме самостоятельного холостого хода. Из-за малых цикловых подач топлива у дизеля наблюдается ухудшенное протекание рабочего процесса, что негативно сказывается на его технико-экономических и экологических показателях. В условиях перехода работы тракторной техники с традиционных видов моторного топлива на возобновляемые источники энергии возникает необходимость проведения экспериментальных исследований дизелей при их работе на альтернативных видах топлива. Одним из видов альтернативного моторного топлива является дизельное смесевое бионефтяное топливо, в котором редечное масло выполняет одновременно функции растительного компонента и биологической добавки. Технико-экономические и экологические показатели двигателя оценивались на примере тракторного атмосферного дизеля Д-243 в условиях стендовых испытаний на тормозной установке. По сравнению с работой двигателя на товарном нефтяном дизельном топливе установлено улучшение экологических показателей при некотором ухудшении топливно-экономических показателей дизеля. В частности, наилучшие экологические показатели получены при работе дизеля на дизельном смесевом бионефтяном топливе с соотношением растительного и нефтяного компонентов – 50% редечное масло : 50% дизельное топливо. Обработка дизельного смесевого бионефтяного топлива ультразвуком позволяет улучшить технико-экономические и экологические показатели дизеля по сравнению с необработанным ультразвуком дизельным смесевым бионефтяным топливом.*

**Ключевые слова:** дизель, режим самостоятельного холостого хода, редечное масло, нефтяное дизельное топливо, дизельное смесевое бионефтяное топливо, показатели.

**Для цитирования:** Уханов А. П., Сидоров Е. А., Сидорова Л. И. Работа тракторного дизеля на бионефтяном топливе в режиме холостого хода // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. №3. С. 63–69. doi: 10.55471/19973225\_2023\_8\_3\_63

Original article

## OPERATION OF TRACTOR DIESEL POWERED BY BIO-OIL FUEL IN IDLE MODE

Alexander P. Ukhanov<sup>1✉</sup>, Evgeniy A. Sidorov<sup>2</sup>, Lilia I. Sidorova<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Penza State Agrarian University, Penza, Russia

<sup>2, 3</sup>Ulyanovsk State Agrarian University, Ulyanovsk, Russia

<sup>1</sup>dispgau@mail.ru<sup>✉</sup>, <https://orcid.org/0009-0006-2210-5294>

<sup>2</sup>sidorovevgeniy@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6470-941X>

<sup>3</sup>lis.ulgau@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8693-6090>

The purpose of the research is to carry out an experimental assessment of the technical, economic and ecological indicators of the atmospheric tractor diesel D-243 when it operates in a non-loading mode of self-idling on diesel mixed bio-oil fuel, the vegetable component of which is sunflower oil. During operation, the motor of tractor equipment operates up to 35% of the shift time in the non-loading mode of independent idling. Due to the small cyclic fuel supply, the diesel engine has a deteriorated workflow, which negatively affects its technical, economic and environmental indicators. In the conditions of the transition of tractor equipment from traditional types of motor fuel to renewable energy sources, it becomes necessary to conduct experimental studies of diesels when they work on alternative fuels. One of the types of alternative motor fuel is diesel mixed bio-oil fuel, in which sunflower oil simultaneously performs the functions of a vegetable component and a biological additive. The technical, economic and environmental performance of the engine was evaluated on the example of the tractor atmospheric diesel D-243 in the conditions of bench tests on the brake system. In comparison with the operation of the engine on commercial petroleum diesel fuel, an improvement in environmental indicators was found with a slight deterioration in the fuel and economic indicators of diesel. In particular, the best environmental indicators were obtained when the diesel engine was running on diesel mixed bio-oil fuel with a ratio of vegetable and petroleum components – 50% sunflower oil : 50% diesel fuel. Treatment of diesel mixed bio-oil fuel with ultrasound makes it possible to improve the technical, economic and environmental performance of diesel compared with raw ultrasound diesel mixed bio-oil fuel.

**Keywords:** diesel, self-idling mode, radish oil, petroleum diesel fuel, diesel mixed bio-oil fuel, indicators.

**For citation:** Ukhanov, A. P., Sidorov, E. A. & Sidorova, L. I. (2023). Operation of tractor diesel powered by bio-oil fuel in idle mode. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy)*, 3, 63–69. (in Russ.). doi: 10.55170/19973225\_2023\_8\_3\_63

В последние десятилетия наблюдается существенный рост внимания к развитию возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Наибольшие достижения в развитии ВИЭ отмечаются в электроэнергетике, что обусловлено использованием уже зарекомендовавшей себя гидроэнергетики, развитием ветроэнергетики, а также большим прогрессом в использовании солнечной энергии. Однако, по данным международного энергетического агентства (МЭА) электроэнергия составляет около 20% от потребляемой энергии в мире. Достаточно существенная доля потребляемой энергии приходится на транспортные средства, что повышает значение исследований в области перехода транспорта с традиционных видов нефтяного (дизтопливо, бензин, керосин) и газового (сжиженный и сжатый газ) топлива на ВИЭ.

По данным МЭА в общем объеме ВИЭ, применяемых в настоящее время на транспорте, большую долю (до 93%) обеспечивает биотопливо. МЭА прогнозирует, что до 2024 года произойдет увеличение на 24% (на 0,9 ЭДж) производства биотоплива, используемого на транспорте [1].

Большая доля производимого сейчас биотоплива основана на использовании гидроочищенного растительного масла (HVO), производство которого по оценкам экспертов МЭА к 2024 году увеличится вдвое, по сравнению с существующими объемами производства, и составит 13 млрд литров. В качестве сырья для HVO, как правило, служат отработанные жиры, масла и смазки (FOG) [1]. Однако, необходимо отметить, что запасы данного сырья ограничены, что обуславливает растущий интерес к развитию новых технологий производства биотоплива на основе более дешевого и доступного сырья.

Альтернативой традиционному моторному топливу, применяемому в современных дизельных двигателях внутреннего сгорания, в настоящее время является дизельное смесевое бионефтяное топливо (ДСБНТ), получаемое путём смешивания в различных пропорциях растительного масла (РМ) и товарного нефтяного дизельного топлива (ДТ) [2-8]. В исследовательских и образовательных центрах России и ведущих странах мира ведутся исследования ресурсной базы, обладающей потенциальными возможностями для использования в ДСБНТ таких растительных масел, которые бы обладали не только функциями биокомпонента, но и функциями биодобавки. К такому растительному компоненту ДСБНТ относится редечное масло [2].

В условиях перехода работы тракторной техники с традиционных видов моторного топлива на ВИЭ возникает необходимость проведения экспериментальных исследований дизелей при их работе на альтернативных видах топлива. Одним из видов альтернативного моторного топлива является дизельное смесевое бионефтяное топливо (ДСБНТ), в котором редечное масло выполняет одновременно функции растительного компонента и биологической добавки.

Экспериментальными исследованиями установлено, что в процессе эксплуатации автотракторной техники продолжительность работы дизеля в безнагрузочном режиме самостоятельного холостого хода (БРСХХ) может достигать 1/3 от общего времени работы, а из-за малых цикловых порций топлива у дизеля наблюдается ухудшение протекания рабочего процесса, что негативно сказывается на его технико-экономических и экологических показателях [9].

**Цель исследований** – выполнить экспериментальную оценку технико-экономических и экологических показателей атмосферного тракторного дизеля Д-243 при его работе в безнагрузочном режиме самостоятельного холостого хода на дизельном смесевом бионефтяном топливе, растительным компонентом которого является редечное масло.

**Задачи исследований** – определить показатели рабочего процесса и топливной экономичности дизеля Д-243 при его работе в безнагрузочном режиме самостоятельного холостого хода на дизельном смесевом бионефтяном топливе, растительным компонентом которого является редечное масло; определить влияние состава дизельного смесевого бионефтяного топлива на экологические показатели работы дизеля; оценить влияние обработки ультразвуком дизельного смесевого бионефтяного топлива, содержащего редечное масло, на технико-экономические и экологические показатели.

**Материал и методы исследований.** Для оценки технико-экономических и экологических показателей были выполнены сравнительные экспериментальные исследования дизеля Д-243 при его работе в БРСХХ на ДСБНТ и нефтяном ДТ. Исследования дизеля проводились на обкаточно-тормозном стенде при работе двигателя на ДСБНТ с содержанием в нём редечного масла 25, 50, 75 и 90%. Для работы дизеля на ДСБНТ он был оснащён двухтопливной системой питания [10, 11].

В процессе исследований проводилась также оценка влияния на показатели дизеля ультразвуковой (УЗ) обработки ДСБНТ. При этом оценка влияния УЗ обработки осуществлялась на ДСБНТ с содержанием 90% редечного масла, так как при работе дизеля на биотопливе данного состава происходят наиболее существенные изменения показателей дизеля по сравнению с его работой на нефтяном ДТ. Для этого ДСБНТ с содержанием 90% редечного масла было подвергнуто обработке на диспергаторе УЗДН-2Т длительностью 50 минут ультразвуком частотой 44 кГц.

При проведении исследований оценивались следующие технико-экономические и экологические показатели дизеля:  $\eta_v$  – коэффициент наполнения,  $\alpha$  – коэффициент избытка воздуха,  $P_z$  – максимальное давление цикла,  $G_m$  – часовой расход топлива,  $D$  – дымность отработавших газов (ОГ) и  $CO$  – содержание оксида углерода в ОГ. Перечисленные показатели оценивались при работе дизеля на минимально-устойчивой частоте вращения коленчатого вала (к.в.)  $n = 800 \text{ мин}^{-1}$  (рычаг управления подачей топлива был установлен в положение минимальной подачи).

**Результаты исследований.** Результаты выполненных исследований (рис. 1) показали, что максимальное давление цикла при работе на всех видах топлива неизменно и равно 6,3 МПа. Изменение содержания редечного масла в ДСБНТ также не повлияло и на коэффициент наполнения, который для всех исследованных видов топлива, включая традиционное нефтяное ДТ, составил 0,87.



дальнейшем увеличении доли редечного масла происходило постепенное ухудшение данного показателя и при работе двигателя на ДСБНТ с содержанием редечного масла 90%  $CO = 0,11\%$ . Таким образом, наилучшее значение  $CO$ , полученное при работе двигателя на ДСБНТ с содержанием редечного масла 50%, на 42,9% лучше значений, полученных при работе на нефтяном ДТ ( $CO=0,07\%$ ).

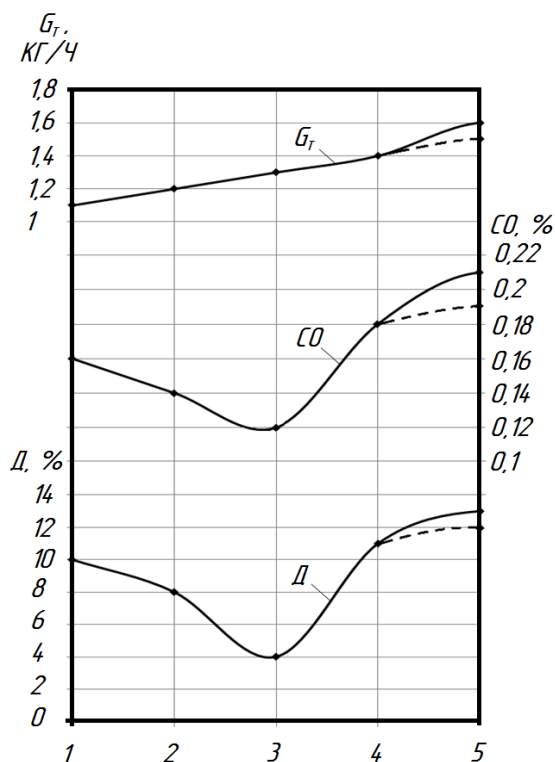


Рис. 2. Изменение топливных и экологических показателей дизеля в БРСХХ в зависимости от состава ДСБНТ:

1 – нефтяное ДТ; 2 – ДСБНТ с содержанием редечного масла 25%; 3 – ДСБНТ с содержанием редечного масла 50%; 4 – ДСБНТ с содержанием редечного масла 75%; 5 – ДСБНТ с содержанием редечного масла 90%; — — — неозвученное ДСБНТ; — — — озвученное ДСБНТ

Проводимая в процессе исследований оценка влияния ультразвуковой обработки ДСБНТ с содержанием редечного масла 90% на исследуемые показатели показала, что при работе дизеля на обработанном УЗ топливе коэффициент  $\alpha = 5,085$ , что на 5,2% больше, чем при работе двигателя на необработанном ультразвуком ДСБНТ с содержанием редечного масла 90% ( $\alpha = 4,818$ ). Положительное влияние ультразвуковой обработки ДСБНТ с содержанием редечного масла 90% отмечается также и на часовой расход топлива. Так, при работе дизеля на обработанном ультразвуком ДСБНТ с содержанием редечного масла 90% расход  $G_m = 1,8$  кг/ч, что на 5,3% меньше, чем на необработанном.

Экологические показатели, определяемые при проведении исследований, также показали положительную динамику влияния ультразвуковой обработки ДСБНТ с содержанием редечного масла 90%. Так, дымность ОГ обработанного УЗ ДСБНТ с содержанием редечного масла 90% уменьшилась на 10% ( $D = 9\%$ ), а содержание оксида углерода уменьшилось на 9% ( $CO=0,1\%$ ), по сравнению с работой на необработанном ДСБНТ.

**Заклучение.** При работе атмосферного тракторного дизеля Д-243 на всех исследованных составах ДСБНТ происходит некоторое ухудшение показателей рабочего процесса и топливной экономичности по сравнению с работой на товарном нефтяном ДТ. Наилучшие экологические показатели наблюдаются при работе дизеля на ДСБНТ с содержанием в нём 50% редечного масла. Ультразвуковая обработка ДСБНТ, содержащего редечное масло, способствует качественному смешиванию нефтяного и растительного компонентов и разрыву межмолекулярных связей, что способствует улучшению технико-экономических и экологических показателей дизеля.

#### Список источников

1. IEA (2019), Renewables 2019, IEA, Paris [Электронный ресурс]. URL: <https://www.iea.org/reports/renewables-2019> (дата обращения: 28.03.2023).
2. Уханов А. П., Уханов Д. А., Сидоров Е. А., Година Е. Д. Нетрадиционные биоконпоненты дизельного смешанного топлива : монография. Пенза : РИО Пензенской ГСХА, 2013. 113 с.
3. Загородских Б. П., Тохиян М. К., Кожевников А. А., Чугунов В. А. Биотопливо для дизелей на основе сафлорового масла // Нива Поволжья. 2009. № 4 (13). С. 71–74.
4. Уханов А. П., Сидоров Е. А., Сидорова Л. И. Теоретическая и экспериментальная оценка эксплуатационных показателей пахотного агрегата при работе на дизельном смешанном топливе // Научное обозрение. 2014. №1. С. 21–27.
5. Чернышева А. В., Черепанова А. Д., Колобков Б. И. Физико-химические и эксплуатационные свойства биодизельных и смешанных топлив // Наука в центральной России. 2022. № 5(59). С. 120–133.
6. Быченин А. П., Володько О. С., Ерзамаев М. П., Сазонов Д. С. Влияние олеиновой кислоты на трибологические свойства топлив для автотракторных дизелей // Известия Самарской государственной академии. 2017. № 4. С. 44–50.
7. Марков В. А., Лобода С. С., Инь М. Использование смесей нефтяного дизельного топлива и рыжикового масла в качестве моторного топлива // Транспорт на альтернативном топливе. 2017. №5 (59). С. 29–40.
8. Нагорнов С. А., Романцова С. Е., Марков В. А. Улучшение эксплуатационных свойств дизельных топлив для сельскохозяйственных машин // Аграрный научный журнал. 2020. № 12. С. 90–92.
9. Уханов Д. А. Новая концепция работы двигателей автотракторной техники на безнагрузочных режимах // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет им. В. П. Горячкина». 2008. № 2 (27). С. 100–102.
10. Уханова Ю. В., Володько О. С., Быченин А. П., Ерзамаев М. П. Адаптация автотракторного дизеля к работе на соево-минеральном топливе // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 4. С. 36–43.
11. Пат. № 2484290. РФ. Двухтопливная система питания тракторного дизеля / Уханов А. П., Уханов Д. А., Сидоров Е. А., Сидорова Л. И. №2012115021/06 ; заявл. 16.04.2012 ; опубл. 10.06.2013, Бюл. № 16.

#### References

1. IEA (2019), Renewables 2019, IEA, Paris. Retrieved from file <https://www.iea.org/reports/renewables-2019> (in Russ.).
2. Ukhanov, A. P., Ukhanov, D. A., Sidorov, E. A. & Godina, E. D. (2013). *Unconventional biocomponents of diesel mixed fuel*. Penza : PC Penza State Agricultural Academy (in Russ.).
3. Zagorodskikh, B. P., Tohiyan, M. K., Kozhevnikov, A. A. & Chugunov, V. A. (2009). Biofuels for diesels based on safflower oil. *Niva Povolzh'ia (Niva Povolzhya)*, 4 (13), 71–74 (in Russ.).
4. Ukhanov, A. P., Sidorov, E. A. & Sidorova, L. I. (2014). Theoretical and experimental evaluation of the operational parameters of the arable unit when working on diesel mixed fuel. *Nauchnoe obozrenie (Scientific Review)*, 1, 21–27 (in Russ.).
5. Chernysheva, A. V., Cherepanova, A. D. & Kolobkov, B. I. (2022). Physico-chemical and operational properties of biodiesel and mixed fuels. *Nauka v centralnoi Rossii (Science in the central Russia)*, 5(59), 120–133 (in Russ.).
6. Bychenin, A. P., Volodko, O. S., Erzamaev, M. P. & Sazonov, D. S. (2017). Influence of oleic acid on tribological properties of fuels for automotive diesel engines. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara state agricultural academy)*, 4, 44–50 (in Russ.).
7. Markov, V. A., Loboda, S. S. & Yin, M. (2017). The use of mixtures of petroleum diesel fuel and ginger oil as motor fuel. *Transport na al'ternativnom toplive (Alternative fuel transport)*, 5 (59), 29–40 (in Russ.).
8. Nagornov, S. A., Romantsova, S. E. & Markov, V. A. (2020). Improvement of operational properties of diesel fuels for agricultural machines. *Agrarnyi nauchnyi zhurnal (Agrarian Scientific Journal)*, 12, 90–92 (in Russ.).
9. Ukhanov, D. A. (2008). A new concept of operation of engines of automotive equipment in non-loading modes. *Vestnik Federal'nogo gosudarstvennogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniya vysshego professional'nogo obrazovaniya «Moskovskij gosudarstvennyj agroinzhenernyj universitet im. V. P. Goryachkina» (Vestnik of Moscow Goryachkin State Agroengineering University)*, 2 (27), 100–102 (in Russ.).
10. Ukhanova, Yu. V., Volodko, O. S., Bychenin, A. P. & Erzamaev, M. P. (2018). Adaptation of an automotive diesel engine to work on soy-mineral fuel. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara state agricultural academy)*, 4, 36–43 (in Russ.).
11. Ukhanov, A. P., Ukhanov, D. A., Sidorov, E. A. & Sidorova, L. I. (2013). Dual-fuel tractor diesel power system. *Patent 2484290, Russian Federation, 2012115021/06* (in Russ.).

**Информация об авторах:**

А. П. Уханов – доктор технических наук, профессор;  
Е. А. Сидоров – кандидат технических наук, доцент;  
Л. И. Сидорова – кандидат технических наук, доцент.

**Information about the authors:**

A. P. Ukhanov – Doctor of Technical Sciences, Professor;  
E. A. Sidorov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;  
L. I. Sidorova – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor.

**Вклад авторов:** все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.  
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Contribution of the authors:** the authors contributed equally to this article.  
The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 11.06.2023; одобрена после рецензирования 3.07.2023; принята к публикации 10.07.2023.

The article was submitted 11.06.2023; approved after reviewing 3.07.2023; accepted for publication 10.07.2023.