

УДК 621.43

DOI: 10.17022/j4tr-sq31

## ИССЛЕДОВАНИЕ НАГРУЗОЧНЫХ РЕЖИМОВ ТОКСИЧНОСТИ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ ТРАКТОРНОГО ДИЗЕЛЯ, РАБОТАЮЩЕГО НА МЕТАНОЛЕ И МЕТИЛОВОМ ЭФИРЕ РАПСОВОГО МАСЛА

В.А. Лиханов, О.П. Лопатин, А.С. Юрлов

Вятская государственная сельскохозяйственная академия  
610017, Киров, Российская Федерация

**Аннотация.** Для сохранения природных ресурсов применяются различные законодательные ограничения в отношении использования ископаемых и добываемых видов топлива. В последнее время большое внимание уделяется применению в качестве альтернативных устойчивых источников энергии смесового спиртового топлива, растительного масла и его эфиров, применяемых при работе тракторов и сельскохозяйственных машин. В данной работе обоснована эффективность применения биотоплива для тракторных дизелей, а также исследованы способы наиболее «экологичного» применения энергии сгорания метанола и метилового эфира рапсового масла. Применение метанола и метилового эфира рапсового масла может привести к заметным сдвигам в решении экологических проблем, так как существует достаточно большое количество ресурсов для их производства. Эти источники энергии характеризуются относительно низкими выбросами вредных веществ при сгорании. В работе представлены результаты экспериментальных исследований нагрузочных режимов токсичности тракторного дизельного двигателя, работающего на метаноле и метиловом эфире рапсового масла, а также отражены показатели степени сгорания указанных видов топлива в камерах сгорания в сравнении с традиционными видами топлива. Биотопливо имеет следующий состав: метанол – 88 %, метиловый эфир рапсового масла – 12 %. Оно позволяет существенно снизить содержания  $NO_x$ , приводит к значительному снижению оксида углерода  $CO$  и суммарных углеводородов  $CH$  при максимальных нагрузках. При работе дизельного двигателя на метаноле и метиловом эфире рапсового масла происходит снижение содержания в отработавших газах оксидов азота на 47,4 %, сажи – на 90,4 %, оксида углерода – на 44,8 %.

**Ключевые слова:** дизельный двигатель, токсичность, метиловый эфир рапсового масла, метанол, отработавшие газы.

**Введение.** Существенный прирост автотракторного парка, а также расширение сферы деятельности сельскохозяйственных машин приводят к значительному увеличению выбросов токсичных компонентов различных видов топлива и дыма от отработавших газов (ОГ). Учёными было установлено, что высокая концентрация таких вредных веществ, как оксиды азота ( $NO_x$ ), несгоревшие углеводороды ( $CH$ ), оксид и диоксид углерода ( $CO$  и  $CO_2$ ), сажа ( $C$ ) вызывают у человека воспаление слизистых оболочек дыхательных путей, хронические бронхиты, нервные расстройства, необратимые изменения в сердечно-сосудистой системе и другие многочисленные заболевания [5], [6].

Одним из способов решения данной проблемы является применение в сельском хозяйстве и промышленном производстве альтернативных возобновляемых видов топлив, обладающих наилучшими экологическими характеристиками. В качестве таких возобновляемых экологических источников энергии можно использовать топливо, получаемое из растительных семян, а также спирта. Все эти виды топлива можно отнести к жидкому биотопливу, имеющему биологическое происхождение [3], [4].

По прогнозу ФГБУН «Института энергетических исследований Российской академии наук» и АНО «Аналитического центра при Правительстве Российской Федерации» в соответствии с возможным сценарием развития событий к 2040 г. использование жидкого биотоплива увеличится в 2,3 раза. Доля всех возобновляемых источников энергии в мировом энергобалансе вырастет с 15 % в 2015 г. до 18 % к 2040 г.

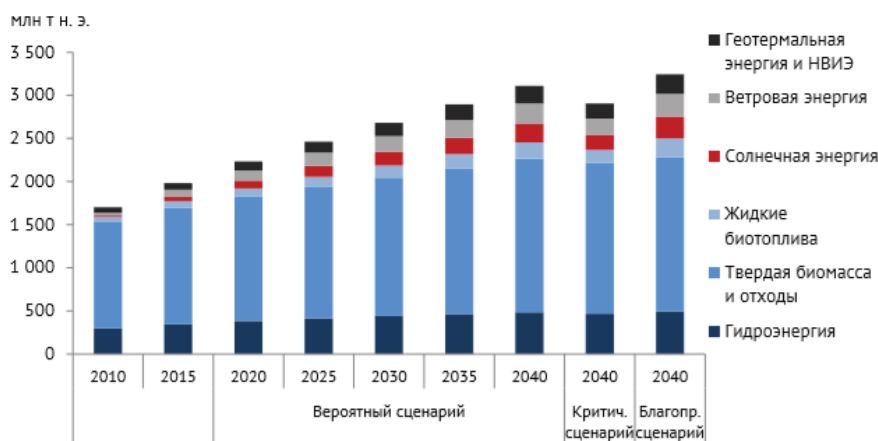


Рис. 1. Прогноз потребления возобновляемых источников энергии по видам и возможным сценариям

Целью данной работы является исследование нагрузочных режимов токсичности отработавших газов тракторного дизельного двигателя при работе на метиловом эфире рапсового масла (МЭРМ) и метаноле.

**Материалы и методы.** Исследования по теме были проведены в научно-исследовательской лаборатории кафедры тепловых двигателей, автомобилей и тракторов Вятской ГСХА. В процессе исследований с помощью двойной системы топливоподачи применяли биотопливо, состоящее на 88 % из метилового спирта и на 12 % из МЭРМ [1], [2], [7].

Был произведен ряд стендовых испытаний дизельного двигателя, позволяющих исследовать влияние различных режимов его работы, а также регулировочных параметров топливоподающей аппаратуры на содержание в ОГ токсичных компонентов. При проведении стендовых испытаний были определены оптимальные значения углов начала подачи каждого из двух видов топлива, получены регулировочные характеристики дизеля при работе на данных видах топлива. Путем анализа экономических показателей работы дизельного двигателя были определены оптимальные параметры установочных углов опережения впрыскивания топлива (УОВТ), что составило  $34^\circ$  поворота коленчатого вала (ПКВ) для метилового спирта и  $34^\circ$  ПКВ для МЭРМ.

При снятии характеристик дизельного двигателя было определено влияние нагрузочных режимов на содержание токсичных компонентов в ОГ дизельного двигателя, работающего как на дизельном топливе, так и на метаноле с МЭРМ.

На рисунке 2 представлены нагрузочные характеристики токсических показателей дизеля, работающего на метаноле и МЭРМ.

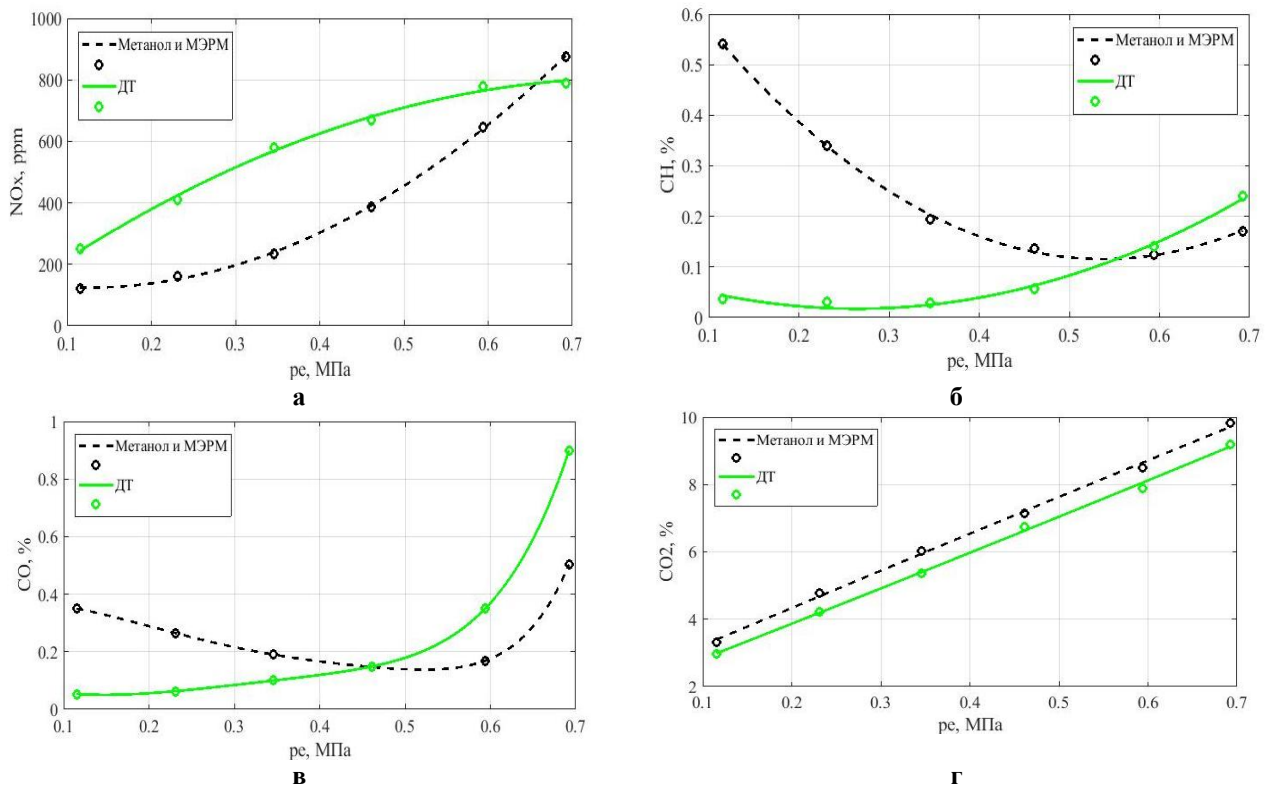


Рис. 2. Изменение экологических показателей работы дизеля 2С 10,5/12,0 в зависимости от изменения нагрузки ( $p_e$ ) при  $n=1800 \text{ мин}^{-1}$ : а –  $\text{NO}_x$ ; б –  $\text{CH}$ ; в –  $\text{CO}$ ; г –  $\text{CO}_2$

**Результаты исследований и их обсуждение.** Анализ графиков токсичности ОГ дизельного двигателя при номинальном скоростном режиме ( $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$ , рис. 2) в случае использования метанола с МЭРМ показывает, что практически на всём диапазоне исследования нагрузки (кроме  $p_e > 0,66 \text{ МПа}$ ) происходит снижение содержания  $\text{NO}_x$ . Применение метанола и МЭРМ приводит к снижению оксида углерода  $\text{CO}$  при нагрузке, превышающей  $0,47 \text{ МПа}$ , и суммарных углеводородов  $\text{CH}$  при максимальных нагрузках ( $p_e > 0,56 \text{ МПа}$ ), при этом отмечен незначительный рост диоксида углерода  $\text{CO}_2$  на всем диапазоне исследования  $p_e$ .

На рисунке 3 представлены нагрузочные характеристики дымности ОГ дизеля, работающего на метаноле и МЭРМ.

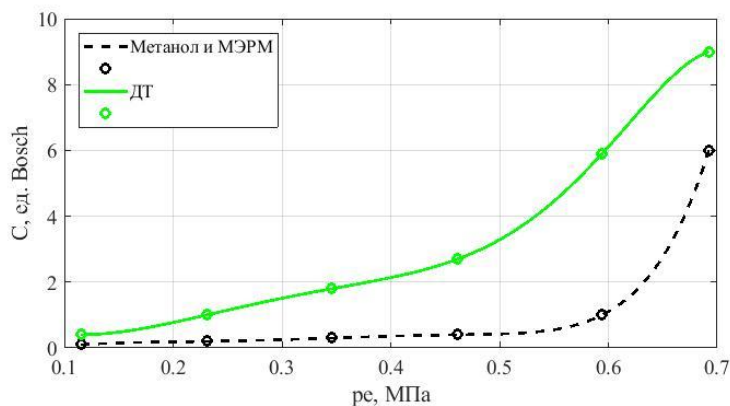


Рис. 3. Изменение дымности ОГ дизеля 2Ч 10,5/12,0 в зависимости от изменения нагрузки ( $p_e$ ) при  $n=1800 \text{ мин}^{-1}$

Анализ графиков изменения дымности ОГ дизельного двигателя при номинальном скоростном режиме ( $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$ , рис. 3) в случае использования метанола с МЭРМ показал, что за весь период исследования нагрузки происходит снижение содержания сажи.

Результаты исследований экологических показателей дизельного двигателя 2Ч 10,5/12,0 представлены в таблице 1.

Таблица 1– Результаты исследований экологических показателей дизельного двигателя 2Ч 10,5/12,0 при номинальном режиме работы ( $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$ ,  $p_e = 0,59 \text{ МПа}$ )

Топливо	Показатели		
	$\text{NO}_x$ , ppm	C, Bosch	CO, %
Дизельное	760	5,0	0,29
Метанол 88 %, МЭРМ 12 %	400 (снижение на 47,4 %)	0,48 (снижение на 90,4 %)	0,16 (снижение на 44,8 %)

**Выводы.** Для улучшения экологических показателей работы дизельного двигателя 2Ч 10,5/12,0 было предложено использовать биотопливо, имеющее следующий состав: метанол – 88 %, МЭРМ – 12 %. Применение указанного соотношения компонентов состава биотоплива позволяет снизить содержания  $\text{NO}_x$ . Применение метанола и МЭРМ приводит к снижению оксида углерода CO при нагрузке, превышающей 0,47 МПа, и суммарных углеводородов СН при максимальных нагрузках ( $p_e > 0,56 \text{ МПа}$ ).

При работе дизеля на метаноле и МЭРМ (в номинальном режиме) в отработавших газах происходит снижение содержания оксидов азота на 47,4 %, сажи – на 90,4 %, оксида углерода – на 44,8 %.

### Литература

1. Лиханов, В. А. Моделирование сажеобразования в цилиндре дизеля / В. А. Лиханов, О. П. Лопатин, А. Н. Козлов // Научно-технические ведомости СПбПУ. Естественные и инженерные науки. – 2019. – Т. 25. – № 1. – С. 47–59.
2. Лиханов, В. А. Снижение токсичности отработавших газов автомобильного дизеля конвертацией на спирто-топливные эмульсии / В. А. Лиханов, О. П. Лопатин // Экология и промышленность России. – 2018. – Т. 22. – № 10. – С. 54-59.
3. Alcohol-Diesel Fuel Combustion in the Compression Ignition Engine / W. Titak [et al.] // Fuel. – 2015. – V.154. – P. 196-206.
4. Arent, D. J. The status and prospects of renewable energy for combating global warming / D. J. Arent, A. Wise, R. Gelman // Energy Economics. – 2011. – V.33. – Issue 4, July. – P. 584-593.
5. Effectsof Waste Frying Oil Based Methyl and Ethyl Ester Biodiesel Fuels on the Performance, Combustion and Emission Characteristics of a di Diesel Engine / H. Sanli [et al.] // Fuel. – 2015. – V.159. – P.179-187.
6. Frances, C. Moore Climate change and air pollution: exploring the synergies and potential for mitigation in industrializing countries / C. Frances // Sustainability. – 2009. – № 1. – P. 43-54.
7. Romanyuk, V. Reducing the environmental threat of motor vehicles by converting engines for operating on natural gas / V. Romanyuk, V. A. Likhanov, O. P. Lopatin // Теоретическая и прикладная экология. – 2018. – № 3. – С. 27-32.

### Сведения об авторах

1. **Лиханов Виталий Анатольевич**, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой тепловых двигателей, автомобилей и тракторов, Вятская государственная сельскохозяйственная академия, 610017, Киров, Октябрьский проспект, 133;

2. **Лопатин Олег Петрович**, кандидат технических наук, доцент кафедры тепловых двигателей, автомобилей и тракторов, Вятская государственная сельскохозяйственная академия, 610017, Киров, Октябрьский проспект, 133;

3. **Юрлов Анатолий Сергеевич**, аспирант кафедры тепловых двигателей, автомобилей и тракторов, Вятская государственная сельскохозяйственная академия, 610017, Киров, Октябрьский проспект, 133.

#### THE STUDY OF LOADING TOXICITY MODES OF EXHAUST GASES OF A TRACTOR DIESEL ENGINE WHEN OPERATING ON METHANOL AND METHYL ETHER OF RAPESEED OIL

**V.A. Likhanov, O.P. Lopatin, A.S. Yurlov**

*Vyatka State Agricultural Academy  
610017, Kirov, Russian Federation*

**Abstract.** Various legislative restrictions to the use of fossil and extracted fuels are applied to preserve natural resources. Recently, much attention has been paid to the use of mixed alcohol fuels, vegetable oils and their esters as promising alternative sustainable energy sources for tractors and agricultural machines. In this paper, the effectiveness of the use of biofuels for tractor diesel engines is substantiated, and methods for the most “environmentally friendly” use of the energy of combustion of methanol and rapeseed oil methyl ester are investigated. The use of methanol and rapeseed oil methyl ester can lead to noticeable shifts in solving environmental problems, since there are a fairly large number of resources for their production. These energy sources are characterized by relatively low emissions of harmful substances during combustion. The work presents the results of experimental studies of toxicity loading regimes of a tractor diesel engine running on methanol and rapeseed oil, and also reflects the degree of combustion of these types of fuel in combustion chambers in comparison with traditional types of fuel. Biofuel has the following composition: methanol - 88%, rapeseed oil methyl ester - 12%. It can significantly reduce the content of  $\text{NO}_x$ , leads to a significant decrease in carbon monoxide CO and total hydrocarbons CH at maximum loads. When the diesel engine is running on methanol and methyl ether of rapeseed oil, the content of nitrogen oxides in the exhaust gases is reduced by 47.4%, soot - by 90.4%, carbon monoxide - by 44.8%.

**Key words:** diesel engine, toxicity, rapeseed oil methyl ester, methanol, exhaust gases.

#### References

1. Lihanov, V. A. Modelirovanie sazheobrazovaniya v cilindre dizelya / V. A. Lihanov, O. P. Lopatin, A. N. Kozlov // Nauchno-tekhnicheskie vedomosti SPbPU. Estestvennye i inzhenernye nauki. – 2019. – Т. 25. – № 1. – С. 47–59.
2. Lihanov, V. A. Snizhenie toksichnosti otrabotavshih gazov avtomobil'nogo dizelya konvertaciej na spirto-toplivnye emul'sii / V. A. Lihanov, O. P. Lopatin // Ekologiya i promyshlennost' Rossii. – 2018. – Т. 22. – № 10. – С. 54-59.
3. Alcohol-Diesel Fuel Combustion in the Compression Ignition Engine / W. Titak [et al.] // Fuel. – 2015. – V.154. – P. 196-206.
4. Arent, D. J. The status and prospects of renewable energy for combating global warming / D. J. Arent, A. Wise, R. Gelman // Energy Economics. – 2011. – V.33. – Issue 4, July. – P. 584-593.
5. Effects of Waste Frying Oil Based Methyl and Ethyl Ester Biodiesel Fuels on the Performance, Combustion and Emission Characteristics of a di Diesel Engine / H. Sanli [et al.] // Fuel. – 2015. – V.159. – P. 179-187.
6. Frances, C. Moore Climate change and air pollution: exploring the synergies and potential for mitigation in industrializing countries / C. Frances // Sustainability. – 2009. – № 1. – P. 43-54.
7. Romanyuk, V. Reducing the environmental threat of motor vehicles by converting engines for operating on natural gas / V. Romanyuk, V. A. Likhanov, O. P. Lopatin // Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya. – 2018. – № 3. – С. 27-32.

#### Information about authors

1. **Likhanov Vitaly Anatolievich**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Heat Engines, Automobiles and Tractors, Vyatka State Agricultural Academy, 610017, Kirov, October prospect, 133;

2. **Lopatin Oleg Petrovich**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Heat Engines, Automobiles and Tractors, Vyatka State Agricultural Academy, 610017, Kirov, October prospect, 133;

3. **Yurlov Anatoly Sergeevich**, Postgraduate Student of the Department of Heat Engines, Automobiles and Tractors, Vyatka State Agricultural Academy, 610017, Kirov, October prospect, 133.