

УДК 622.75

А.П. Марченко, д-р техн. наук, А.П. Строков, д-р техн. наук, А.Ф. Минак, канд. техн. наук, А.А. Осетров, асп., О.Ю. Линьков, асп.

## ТОКСИЧНОСТЬ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ ДИЗЕЛЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТОПЛИВ РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

В условиях истощения мировых ресурсов нефти и газа актуальным становится поиск альтернативных источников энергии. Еще более актуален этот вопрос для Украины, импортирующей большую часть традиционных видов топлива. Вследствие ряда причин (благоприятные климатические условия, черноземы и др.) для нашей страны большой интерес представляют виды топлива растительного происхождения, такие как этиловый спирт, растительные масла и их эфиры. При анализе общей эффективности использования того или иного альтернативного топлива (АТ) в ДВС большую роль играют вопросы экологии. В статье рассматриваются аспекты, связанные с токсичностью отработавших газов (ОГ) дизеля при использовании смесей рапсового масла (РМ) с дизельным топливом (ДТ), а также этилового эфира рапсового масла (ЭЭРМ).

Кафедра ДВС НТУ «ХПИ» длительное время занимается исследованиями в области применения различных видов АТ. Кафедрой совместно с ОАО

ГСКБД были проведены сравнительные испытания автотракторного дизеля СМД-23 на смесях РМ с ДТ и новом экспериментальном топливе ЭЭРМ. Определение параметров рабочего процесса двигателя осуществлялось измерительными комплексами фирм AVL и Cussons. Для измерения токсичности ОГ дизеля использовались дымометр «Хартридж – МКЗ» и система анализа выхлопных газов «Стандарт-Р7450» фирмы Cussons. Из токсичных веществ исследовались эмиссии продуктов неполного сгорания (оксида углерода СО и сажи), а также оксидов азота NO. Измерения проводились на нагрузочных характеристиках при номинальной частоте  $n = 2000 \text{ мин}^{-1}$  и частоте, соответствующей максимальному крутящему моменту,  $n = 1500 \text{ мин}^{-1}$ .

Результаты измерения процентного содержания продуктов неполного сгорания в отработавших газах для различных видов топлива представлены на рис. 1, 2.

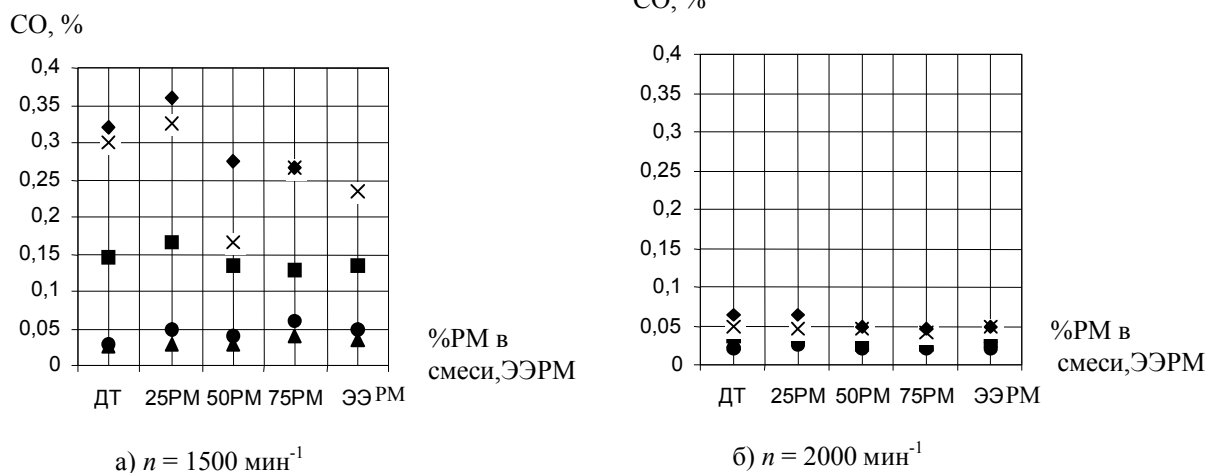


Рис. 1. Влияние состава топливной смеси на выбросы СО двигателем:

▲ - 25% $N_e$ ; ● - 50% $N_e$ ; ■ - 75% $N_e$ ; × - 90% $N_e$ ; ◆ - 100% $N_e$

Видно, что кривые СО и сажи с изменением нагрузки ведут себя практически одинаково. С увеличением содержания РМ в смеси с ДТ выбросы СО и сажи снижаются на большинстве режимов работы двигателя. Небольшое увеличение выхода продуктов неполного сгорания наблюдалось лишь на малых нагрузках – 50% $N_e$  и 25% $N_e$  при  $n = 1500 \text{ мин}^{-1}$ .

Наибольшее снижение эмиссий СО и сажи происходит при использовании ЭЭРМ. При этом, как

и в случае использования смесей ДТ с РМ, выбросы продуктов неполного сгорания снижаются на режимах больших и средних нагрузок. На режимах малых нагрузок выход СО и сажи либо не изменяется, либо незначительно увеличивается.

Следует отметить значительное увеличение выбросов сажи (до 2 раз) и оксидов углерода СО (до 7 - 9 раз) при снижении частоты вращения с 2000  $\text{мин}^{-1}$  до 1500  $\text{мин}^{-1}$  для всех рассматриваемых видов

топлива.

Анализируя изменение токсичности в ОГ данного двигателя при использовании смесей РМ с ДТ, можно заметить, что кривые NO почти всегда ведут себя обратно кривым СО и сажи (рис. 3). Для большинства режимов с увеличением доли РМ в смеси с ДТ наблюдается небольшое увеличение выбросов оксидов азота и лишь на малых нагрузках (25%  $N_e$ )

происходит некоторое снижение выхода NO с отработавшими газами.

В отличие от смесевых видов топлива при использовании этилового эфира рапсового масла наблюдается снижение выбросов NO практически на всех режимах по сравнению с дизельным топливом (рис. 3).

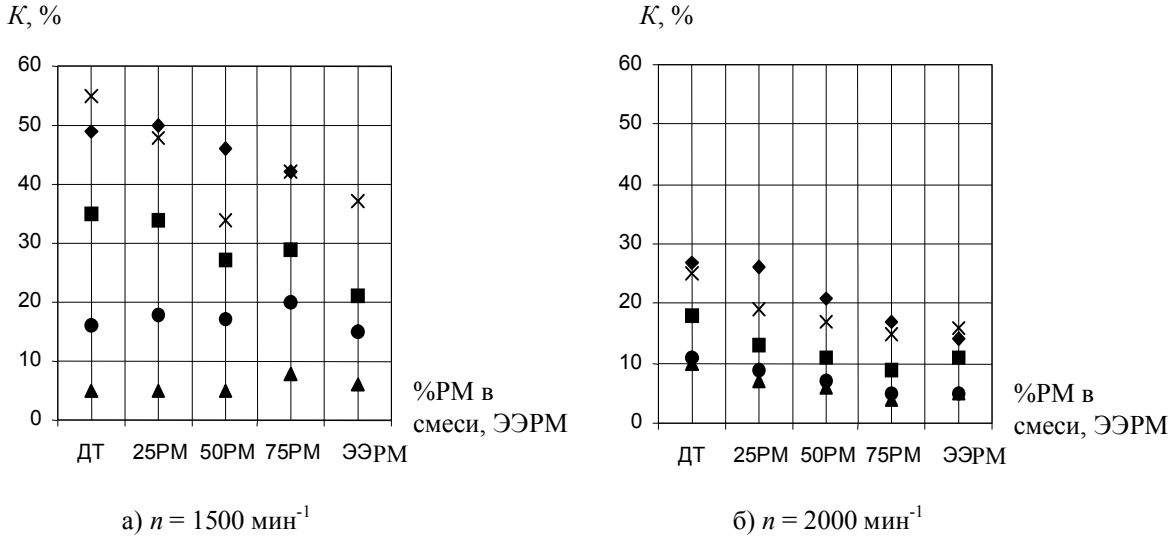


Рис. 2. Влияние состава топливной смеси на дымность  $K$  двигателя:  
▲ - 25% $N_e$ ; ● - 50% $N_e$ ; ■ - 75% $N_e$ ; × - 90% $N_e$ ; ◆ - 100% $N_e$

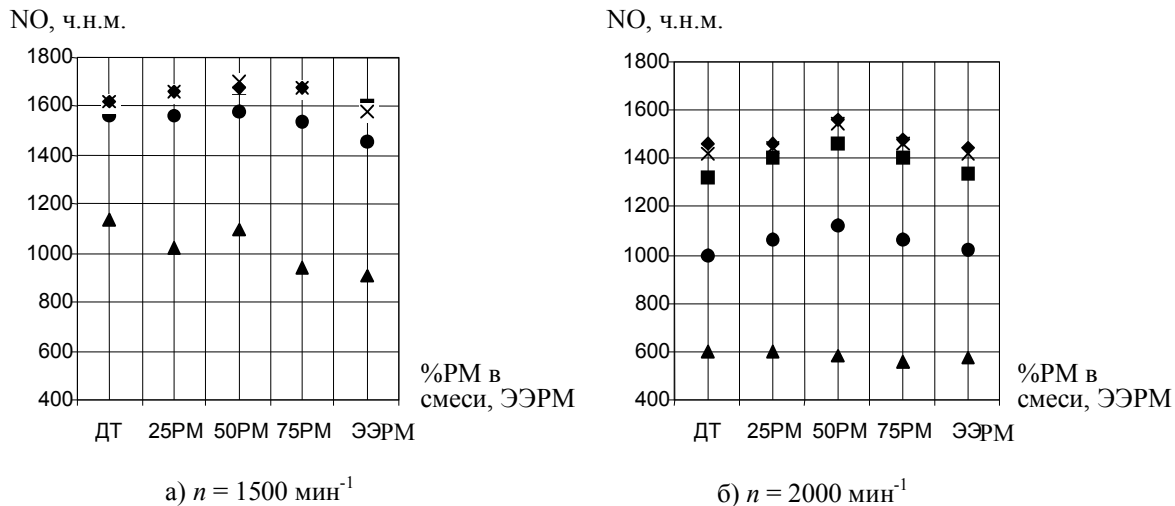


Рис. 3. Влияние состава топливной смеси на выбросы NO двигателя:  
▲ - 25% $N_e$ ; ● - 50% $N_e$ ; ■ - 75% $N_e$ ; × - 90% $N_e$ ; ◆ - 100% $N_e$

В целом, для всех режимов, разница в величинах выбросов оксидов азота для различных видов топлива является очень незначительной и находится в пределах погрешности измерительных приборов.

Из рис.3 видно, что условия и процессы образования оксидов азота при различных скоростных режимах работы двигателя отличаются. При снижении частоты вращения уровень показателей NO увеличивается. Причем влияние частоты вращения на

образование оксидов азота более значительно для малых нагрузок и менее значительно для больших нагрузок.

Рассмотренное изменение токсичности ОГ дизеля при использовании АТ связано с изменением топливных свойств. Различия в таких свойствах топлива, как плотность, вязкость, теплота сгорания, испаряемость, температура вспышки и др. приводят к изменениям в протекании рабочего процесса двига-

теля. Влияние состава топлива на давление и продолжительность впрыска топлива, а также температуры ОГ перед турбиной приведено на рис. 4-6. Эти данные подтверждают, что при использовании топлива растительного происхождения увеличиваются

период задержки воспламенения, давлению продолжительность впрыска, ухудшается качество распыливания топлива, изменяются локальные и средние температуры по цилиндру.

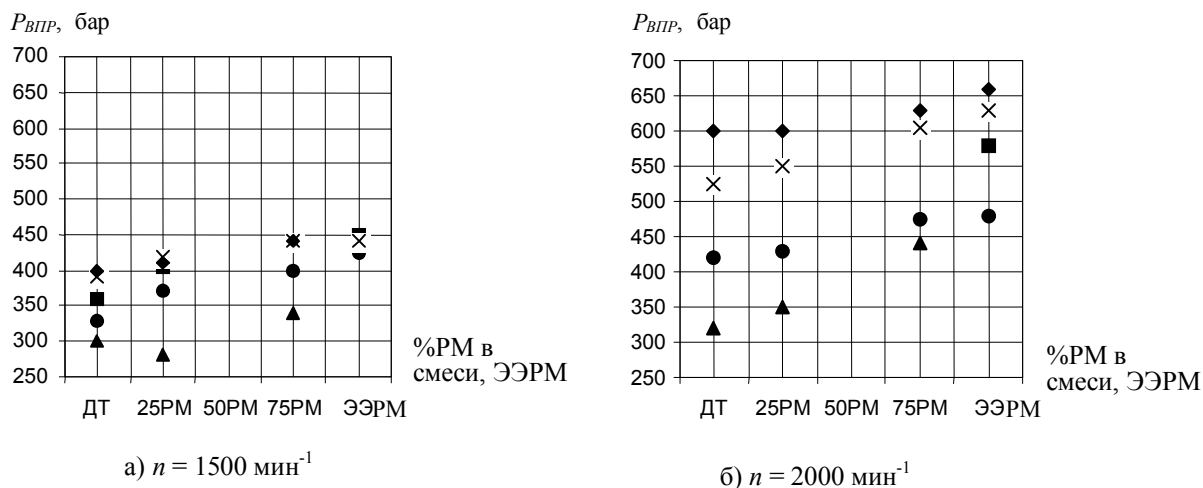


Рис.4. Влияние состава топливной смеси на давление топлива перед форсункой:

$\blacktriangle$  - 25% $N_e$ ;  $\bullet$  - 50% $N_e$ ;  $\blacksquare$  - 75% $N_e$ ;  $\times$  - 90% $N_e$ ;  $\blacklozenge$  - 100% $N_e$

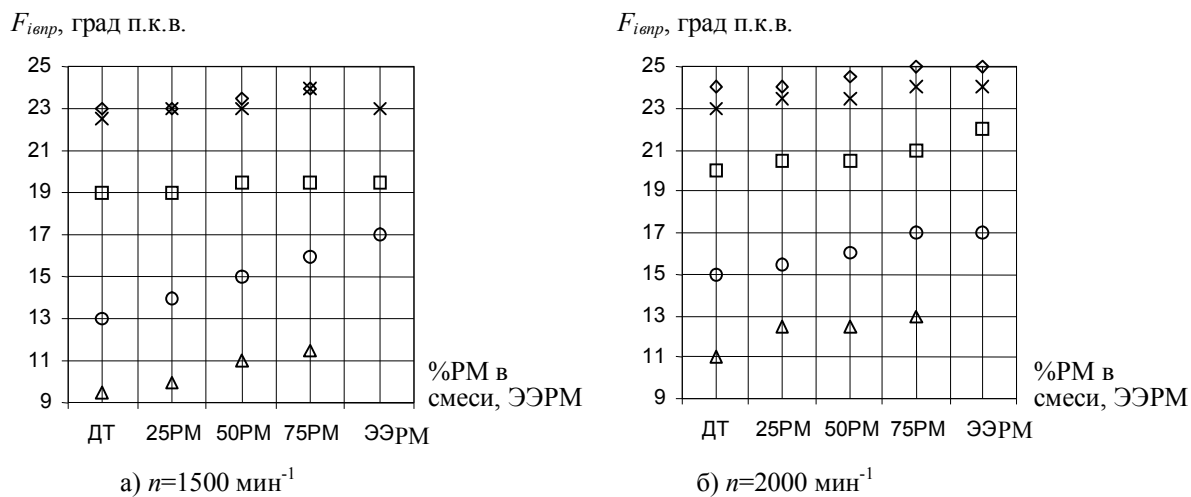


Рис. 5. Влияние состава топлива на продолжительность впрыска:

$\blacktriangle$  - 25% $N_e$ ;  $\bullet$  - 50% $N_e$ ;  $\blacksquare$  - 75% $N_e$ ;  $\times$  - 90% $N_e$ ;  $\blacklozenge$  - 100% $N_e$

На основании предварительного анализа полученных данных можно сделать следующие выводы:

1. Использование смесей РМ с ДТ приводит к снижению эмиссий продуктов неполного сгорания на большей части режимов работы двигателя (до 19% для СО и до 20% для сажи). Наибольшее снижение выбросов СО и сажи происходит в случае применения ЭЭРМ (до 25% для СО и до 33% для сажи).

2. Эмиссии оксидов азота незначительно увеличиваются с ростом доли РМ в смеси с ДТ на режимах средних и высоких нагрузок (до 9%) и сни-

жаются на режимах малых нагрузок (до 18%). При использовании ЭЭРМ выбросы NO снижаются на всех режимах (до 23%).

3. Для всех мощностных режимов и рассматриваемых видов топлива с уменьшением частоты вращения происходит увеличение токсичности двигателя.

Для более полного объяснения полученных результатов необходимо исследование процесса сгорания как экспериментально, так и с использованием математических моделей. Это и составляет следующий этап наших исследований.

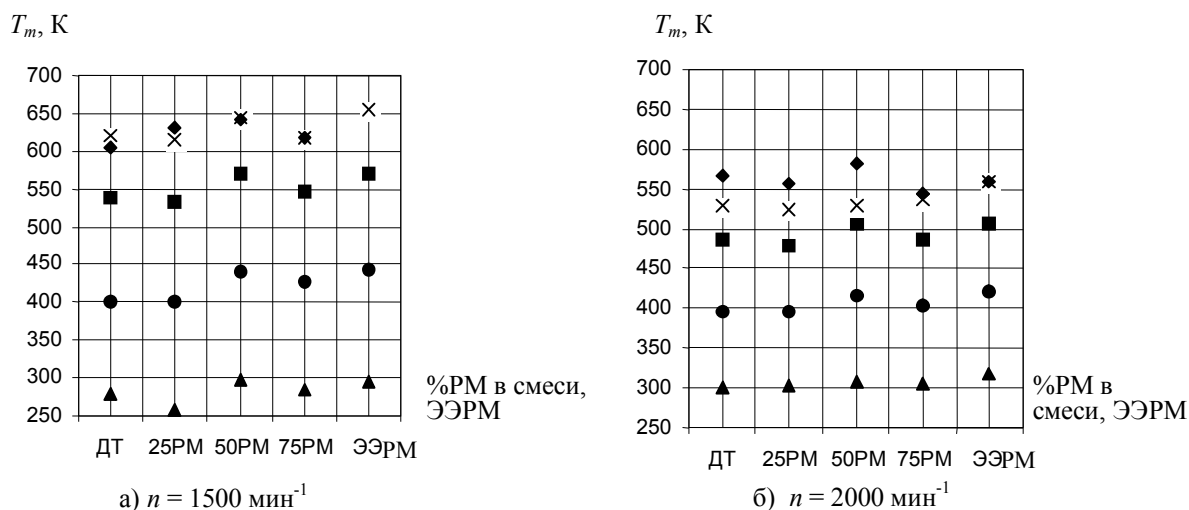


Рис. 6. Влияние состава топлива на температуру отработавших газов двигателя:

▲ - 25% $N_e$ ; ● - 50% $N_e$ ; ■ - 75% $N_e$ ; × - 90% $N_e$ ; ◆ - 100% $N_e$

УДК 621.436.068

Ю.С. Бородин, канд. техн. наук, П.Я. Перерва, канд. техн. наук, Ю.П. Долгополов, инж., В.З. Бычков, инж., Г.А. Щербаков, инж., Г.В. Щербаненко, инж.

### УЛУЧШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДВУХТАКТНОГО ФОРСИРОВАННОГО ДИЗЕЛЯ ЗА СЧЕТ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРОЦЕССА ТОПЛИВОПОДАЧИ

Опыт отечественного и зарубежного дизелестроения свидетельствует о том, что уменьшение выбросов в атмосферу токсичных компонентов продуктов сгорания двигателей неразрывно связано с совершенствованием рабочего процесса, в организации которого значительная роль отводится топливopодpающей аппаратуре. Среди множеств токсичных веществ, содержащихся в отработавших газах (ОГ) дизелей, по условиям воздействия на человека и окружающую среду выделяют оксиды азота ( $NO_x$ ), суммарные углеводороды ( $C_nH_m$ ), оксиды углерода (СО) и твердые сажиcтые частицы (РМ). Снижение содержания этих веществ в ОГ непосредственно связано с регулированием и интенсификацией процесса топливopодpадачи. Эти же факторы определяют и топливную экономичность двигателя [1, 2].

Современные тенденции по обеспечению норм токсичности для грузовых машин в Европейском сообществе сводятся к повышению максимального давления впрыска до 100 МПа и более, уменьшению его продолжительности и др. Такие показатели топливopодpадачи при соответствующей организа-

ции рабочего процесса позволяют получить значения расхода топлива и выбросов СО,  $C_nH_m$  и частиц РМ, отвечающие жестким современным требованиям.

В связи с возросшими требованиями к экологическим показателям транспортных машин Харьковским конструкторским бюро по двигателестроению были проведены опытные работы на двухтактном форсированном дизельном двигателе ЗТД (120x2x120), предназначенном для военнопусеничных машин, по дальнейшему улучшению смесеобразования и сгорания топлива за счет интенсификации процесса топливopодpадачи. Была разработана топливная аппаратура с форсунками закрытого типа вместо форсунок полузакрытого типа, рис. 1 и 2, отличительной особенностью которой является то, что в качестве запорного органа применена игла с давлением открытия  $P_{\phi}=20$  МПа взамен шарика с  $P_{\phi}=9,5$  МПа. Объем топливного колодца за запорным органом (вредный объем) уменьшен более, чем в 40 раз, что исключает вытекание топлива из соплового отверстия в течение каждого цикла после посадки иглы.