

3. СТБ 2261-2012 «Ограждения дорожные канатные. Общие технические условия».

4. СТБ 1300-2007 «Технические средства организации дорожного движения. Правила применения».

УДК 621.436

ВЫБРОСЫ ОКИСЛОВ АЗОТА ДИЗЕЛЕЙ, РАБОТАЮЩИХ НА СМЕСИ МЕТИЛОВОГО ЭФИРА РАПСОВОГО МАСЛА С ЭТАНОЛОМ

NITROGEN OXIDES EMISSIONS DIESEL ENGINES OPERATING ON A MIXTURE OF RAPESEED OIL METHYL ESTER WITH ETHANOL

Кухаренок Г.М., доктор технических наук, профессор
(Белорусский национальный технический университет)

Kukharenok G.M., Doctor of Technical Sciences, Professor
(Belarusian National Technical University)

Аннотация. *Выполнен анализ влияния содержания этанола в смеси с метиловым эфиром рапсового масла на образование окислов азота. Определены выбросы составляющих NO_x автомобильного дизеля при неизменной величине цикловой подачи и при увеличении цикловой подачи МЭРМ и его смесей с этанолом, до уровня, обеспечивающего поддержание заданного нагрузочного режима.*

Abstract. *The analysis of the effect of ethanol content in the mixture with the ethyl ester of rapeseed oil on the formation of nitrogen oxides. NO_x emissions are defined components of automotive diesel engine at a constant value of the cyclic flow and increasing cycle in garden RME and mixtures thereof with ethanol to a level that ensures the maintenance of a given load regime.*

Для проведения расчетных исследований использована компьютерная программа рабочего процесса [1].

В модели существует возможность определять концентрацию окислов азота в отработавших газах с учетом концентрации реагирующих компонентов, что важно при проведении расчетных исследований влияния элементного состава топлива на образование окислов азота в камере сгорания дизеля.

Для оценки влияния метилового эфира рапсового масла (МЭРМ) и его смесей с этанолом на образование окислов азота выполнены расчетные исследования на режиме на режиме С100 тринадцатипетипенчатого испытательного цикла ESC автомобильного двигателя 4СН 11/12.5.

На начальном этапе исследований величина цикловой подачи топлива для всех исследуемых топлив не менялась и соответствовала 151 мм^3 . На

рисунке 1 представлены зависимости, показывающие изменение количества монооксида азота (NO) при протекании рабочего процесса, для дизельного топлива, МЭРМ и его смесей с этанолом.

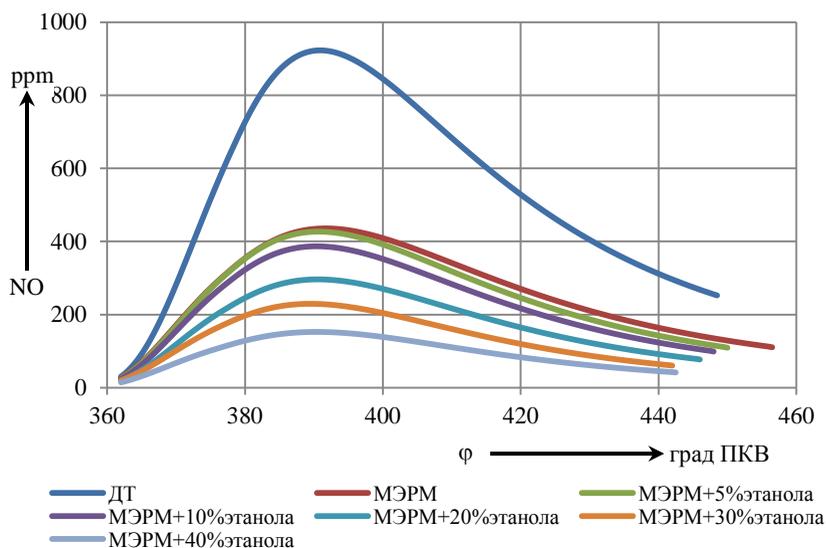


Рисунок 1 – Изменение количества монооксида азота от угла поворота коленчатого вала при использовании дизельного топлива, МЭРМ и его смесей с этанолом ($g_z = 151 \text{ мм}^3$)

На характере протекания приведенных зависимостей влияют температура газов и концентрация реагирующих элементов. Можно выделить две фазы в образовании окислов азота. В первой фазе реакции окисления идут более интенсивно, чем реакции восстановления, во второй фазе преобладают реакции восстановления.

Максимум NO достигается при наибольшей температуре газов в цилиндре (30 град ПКВ после ВМТ), что определяет высокие концентрации азота, кислорода и других промежуточных продуктов в зоне реакций. Далее по мере снижения температуры и давления реакции восстановления NO начинают преобладать над реакциями окисления. В силу снижения температуры и давления газов в цилиндре не весь монооксид азота восстанавливается, в результате какая-то часть NO выбрасывается с отработавшими газами.

Несмотря на увеличение концентрации кислорода в цилиндре при использовании МЭРМ и его смесей с этанолом, наибольшие максимальная величина и выход NO в конце процесса сгорания соответствуют примене-

нию дизельного топлива. Этот факт, а также снижение интенсивности образования NO при увеличении концентрации этанола в смеси с МЭРМ, указывают, что в рассматриваемых условиях, определяющим в образовании NO является температура, а не концентрация кислорода.

Максимальное количество NO при использовании дизельного топлива выше в 2–2,5 раза, чем в случае применения МЭРМ и смеси, содержащей 5 % этанола. Дальнейшее повышение концентрации этанола в смеси приводит к снижению как максимального количества NO, так и его выбросов с отработавшими газами. Так максимальное количество NO при использовании смеси, содержащей 40 % этанола почти в три раза ниже, чем при применении МЭРМ и его 5 % смеси с этанолом.

Характер протекания кривых изменения количества NO₂ в процессе сгорания (рисунок 2) аналогичен, представленным на рисунке 1. Однако максимума этот показатель достигает на 10–12 град ПКВ раньше, чем для монооксида азота.

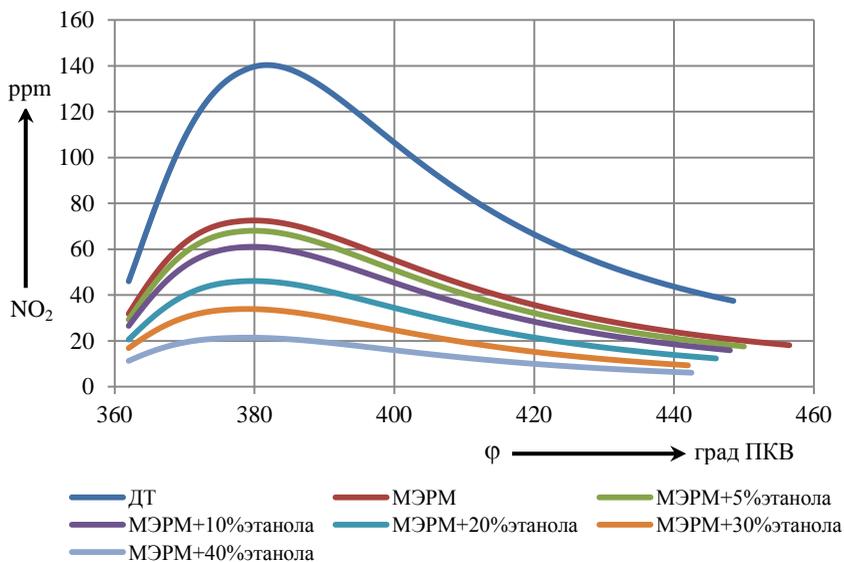


Рисунок 2 – Изменение количества диоксида азота от угла поворота коленчатого вала при использовании дизельного топлива, МЭРМ и его смесей с этанолом ($g_z = 151 \text{ мм}^3$)

Максимальное количество образующегося и выбрасываемого с отработавшими газами NO₂ значительно ниже, чем NO, так при использовании ди-

зельного топлива максимальное количество NO составляет 923 ppm, а NO₂ 140 ppm, а выбросы этих вредных соединений с отработавшими газами соответственно 252 и 37 ppm. Применение МЭРМ ведет к снижению максимального количества образующегося NO₂ до 73 ppm, а выход составляет 18 ppm.

Для смесей содержащих 30 и 40 % этанола количество образующегося NO₂ уменьшается до 9 и 6 ppm. Максимальное количество NO₂, образующееся при протекании рабочего процесса для смесей, содержащих 5 и 10 % этанола, составляет 34 и 21 ppm.

Третий компонент, включающий в себя оксид азот – азотная кислота, количество которой несоизмеримо мало по сравнению с NO₂ и NO, поэтому при определении суммарной величины NO_x может не учитываться. Доля NO в суммарном показателе NO_x составляет примерно 87–88 %, что близко к значениям, приведенным в работе [2].

Увеличение цикловой подачи смесевого топлива до уровня, обеспечивающего повышение среднего индикаторного давления до величины, полученной при использовании дизельного топлива (2 МПа), существенно меняет как количество так и структуру, составляющих NO_x (рисунок 3).

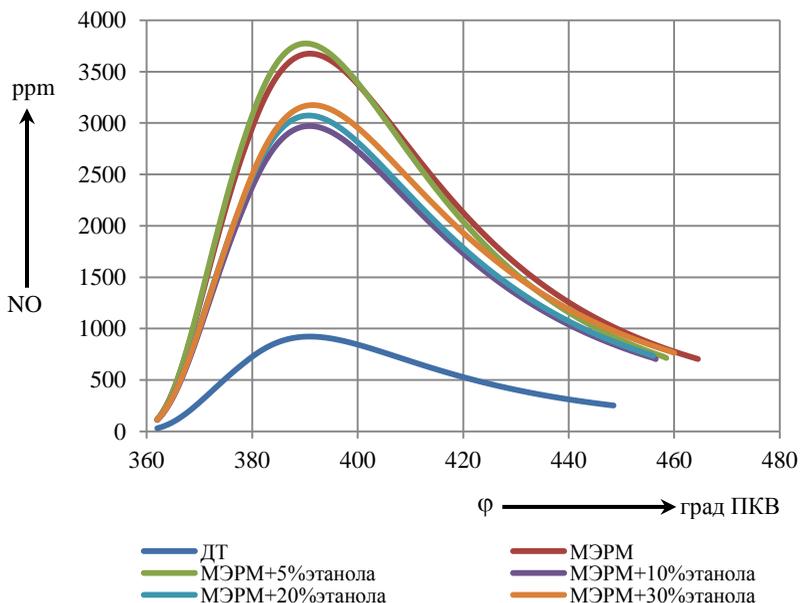


Рисунок 3 – Изменение количества монооксида азота от угла поворота коленчатого вала при использовании дизельного топлива, МЭРМ и его смесей с этанолом ($p_i = 2$ МПа)

Как видно из приведенных зависимостей максимальное количество NO образующееся при протекании рабочего процесса увеличивается и наибольших значений эта величина достигает при использовании МЭРМ и его смеси, содержащей 5 % этанола. По сравнению с рабочим процессом, протекающим при цикловой подаче топлива 151 мм^3 , максимальное количество NO увеличивается более чем в 8,5 раз, а в конце рабочего процесса в 6–6,5 раз выше. Выход NO при использовании МЭРМ и его смесей с этанолом в конце рабочего процесса в 2,7–3 раза выше, чем при применении дизельного топлива.

Увеличение выбросов NO при применении МЭРМ и его смесей с этанолом в какой-то мере компенсируется снижением выхода NO_2 (рисунок 4).

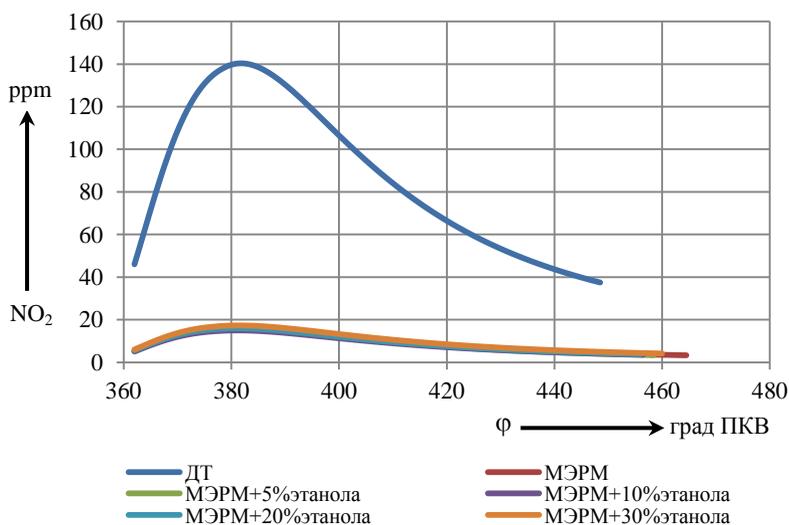


Рисунок 4 – Изменение количества диоксида азота от угла поворота коленчатого вала при использовании дизельного топлива, МЭРМ и его смесей с этанолом ($p_i = 2 \text{ МПа}$)

Приведенные зависимости показывают, что при использовании МЭРМ и его смесей с этанолом скорости окисления и восстановления NO_2 практически не зависят от состава топлива. Максимальное количество NO_2 для МЭРМ и его смесей не превышает 18 ppm. Выброс NO_2 составляет 4–5 ppm, что на 1–2 ppm (20–40 %) ниже, чем при использовании МЭРМ с 40 % этанола при цикловой подаче топлива 151 мм^3 .

Увеличения количества азотной кислоты при повышении среднего индикаторного давления до 2 МПа не происходит. Выбросы NO_x при исполь-

зовании МЭРМ и его смесей с этанолом при среднем индикаторном давлении 2 МПа выше, чем при применении дизельного топлива. Доля NO в NO_x возрастает до 98–99 %.

Выводы

Выбросы составляющих NO_x при неизменной величине цикловой подачи в случае применения МЭРМ и его смесей с этанолом ниже, чем при использовании дизельного топлива. Увеличение цикловой подачи смесей, до уровня, обеспечивающего поддержание выбранного нагрузочного режима, приводит к росту выбросов окислов азота.

Литература

1. Компьютерная программа моделирования рабочего процесса дизеля (МРПД). Программа внесена в реестр служебных компьютерных программ БНТУ 17.07.2015. Свидетельство о регистрации № 002.

2. Кухаренок, Г.М. Снижение выбросов вредных веществ дизельных двигателей / Г.М. Кухаренок, А.Н. Петрученко, В.И. Березун – Минск, 2014. – 248 с.

УДК 621.436

ПОКАЗАТЕЛИ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ДИЗЕЛЯ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ РАПСОВОГО МАСЛА INDICATORS OF THE APPLICATION OF DIESEL IN RAPESEED OIL

Кухаренок Г.М., доктор технических наук, профессор;
Петрученко А.Н., кандидат технических наук, доцент
(Белорусский национальный технический университет)

Kukharenok G.M., Doctor of Technical Sciences, Professor;
Petruchenko A.N., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
(Belarusian National Technical University)

Аннотация. *Приведены результаты расчетных и экспериментальных исследований экологических и топливно-экономических показателей дизельного двигателя при работе на рапсовом масле.*

Abstract. *The results of theoretical and experimental studies of the environmental and economic performance of the fuel and the diesel engine when operating on rapeseed oil.*