

## СНИЖЕНИЕ ТОКСИЧНОСТИ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ ДИЗЕЛЯ ПУТЕМ ОПТИМИЗАЦИИ ГЕОМЕТРИИ РАСПЫЛИТЕЛЯ

**В. П. Босяков**

*ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат»*

Для выполнения требований экологической безопасности двигателей внутреннего сгорания (ДВС) действуют специальные меры, направленные на снижение выбросов вредных веществ (ВВ) с отработавшими газами (ОГ), под которыми следует понимать не только разработку методов нейтрализации вредных веществ, поддержание нормального технического состояния двигателя и транспортных средств, но и работы по оптимизации конструктивно-регулируемых параметров ДВС. Последнее представляет собой большой интерес, так как дает возможность еще при проектировании выполнить перспективные требования, предъявляемые к двигателю либо принять регулировочные и настроечные мероприятия по снижению явно завышенных нормированных показателей в уже существующих ДВС.

Не маловажными факторами влияющими на содержание ВВ в ОГ двигателя являются выбор величины надпоршневого зазора и диаметра распыливающих отверстий форсунок.

Как правило, величина надпоршневого зазора обуславливает объем зоны гашения пламени при положении поршня около ВМТ, т. е. определяет эмиссию продуктов неполного сгорания, в основном СН. Увеличение диаметра распыливающих отверстий форсунок приводит к уменьшению расхода топлива и увеличению эмиссии NOx, но этот эффект является относительно небольшим [1].

Для разработки рекомендаций по снижению выбросов ВВ с ОГ на дизеле типоразмерного ряда 13/15 путем оптимизации конструктивных параметров (выбор величины надпоршневого зазора и диаметра распыливающих отверстий форсунок) можно применить методику с использованием искусственной нейронной сети (ИНС). Метод основан на применении двух математических моделей. Первая модель создана с применением ИНС по принципу «черного ящика», т. е. с помощью формального подхода, где описывается поведение объекта на основе данных об отклике системы на внешние возму-

щения без анализа физической сущности внутренних процессов. Вторая модель — это модель рабочего процесса на основе системы дифференциальных уравнений энергетического баланса рабочего тела создана с применением феноменологического подхода, где описана математическим языком суть явления на основе законов природы, т. е. «белый ящик». Для этого в расчетную модель рабочего процесса были заложены основные конструктивные и регулировочные характеристики дизеля 13/15: тип двигателя — четырехтактный дизель с непосредственным впрыскиванием топлива, с жидкостным охлаждением и с газотурбинным наддувом, число цилиндров — 4, расположение цилиндров — рядное, порядок работы цилиндров — 1-3-4-2, диаметр цилиндра — 130 мм, ход поршня 150 мм, тип форсунок — закрытая с многодырчатый распылителем (8 отв.,  $d_{отв}=0,235$  мм), давление начала впрыскивания топлива 29 МПа, фазы газораспределения и конструкция ГРМ аналогичны прототипу. Изменение начала подачи топлива, в зависимости от ее величины (нагрузки двигателя) обеспечивается управляющими кромками, выполненными на торце плунжера ТНВД.

Расчет проводился на трех режимах работы при частоте вращения  $n_1=2000$ ,  $n_2=1400$ ,  $n_3=800$  1/мин при цикловой подаче  $g_{ц1}=60,7$  мг,  $g_{ц2}=67,7$  мг и  $g_{ц3}=51,6$  мг.

Для получения обучающей выборке ИНС были взяты данные испытаний дизеля 4Т371 на различных режимах работы от  $n=800$  1/мин до  $n=2000$  1/мин (35 точек). Параметрами входа были выбраны такие показания, как частота вращения коленчатого вала двигателя, крутящий момент, часовой расход воздуха, цикловая подача топлива, максимальное давление в цилиндре, давление наддува. Параметрами выхода являлись: удельные выбросы нормированных ВВ для дизеля 4Т371 по ГОСТ Р41.96 оксиды углерода (СО), NOx, CH<sub>x</sub> и твердые частицы (PM)  $g_{CO}$ ,  $g_{NOx}$ ,  $g_{CHx}$  и  $g_{PM}$  г/(кВт·ч)]. Также в качестве выходного вектора был выбран *показатель токсичности ОГ F*, (г/(кВт·ч)] (1) рассчитанный с учетом относительного коэффи-

циента агрессивности  $A_i$  и требований ГОСТ Р41.96 для дизеля 4Т371. Относительный коэффициент агрессивности  $A_i$  определяет токсикологическую значимость основных нормированных показателей на основании предельно допустимых концентраций этих компонентов в различных условиях. Для дизелей оксиды углерода (СО), оксиды азота (NOx), углеводороды (СНх) и твердые частицы (РМ) имеют отношение 1:41,1:3,16:200 [2, 3].

$$F = \frac{g_{CO} A_{iCO}}{e_{CO}} + \frac{g_{NOx} A_{iNOx}}{e_{NOx}} + \frac{g_{CHx} A_{iCHx}}{e_{CHx}} + \frac{g_{PM} A_{iPM}}{e_{PM}}, \quad (1)$$

где  $g_{CO}$ ,  $g_{NOx}$ ,  $g_{CHx}$  и  $g_{PM}$  – удельный выброс компонента (г/(кВт·ч));  $A_{iCO}$ ,  $A_{iNOx}$ ,  $A_{iCHx}$  и  $A_{iPM}$  – относительный коэффициент агрессивности компонента;  $e_{CO}$ ,  $e_{NOx}$ ,  $e_{CHx}$  и  $e_{PM}$  – предельно допустимые выбросы токсичного компонента, согласно требований ГОСТ Р41.96 о содержании ВВ в ОГ для вновь проектируемых и модернизируемых дизелей при мощности от 75 до 130 кВт соответственно равны 5:6:1:0,3.

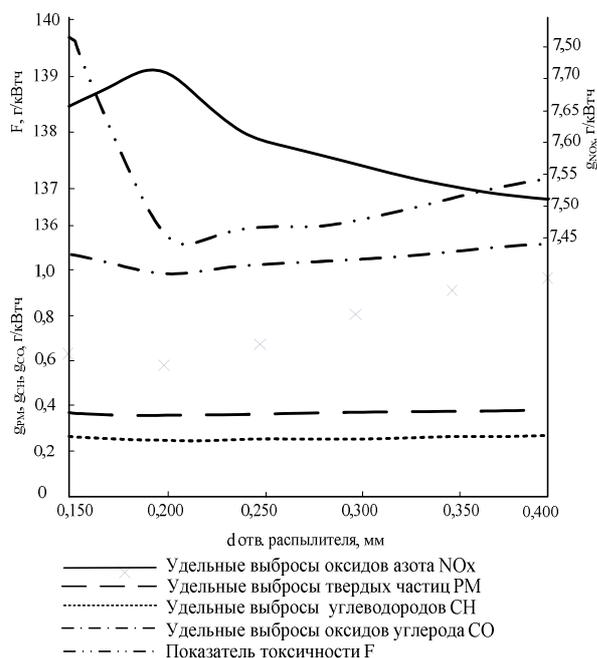


Рисунок 1 – Зависимости выбросов ВВ с ОГ дизеля 4Т371 от диаметра распыливающих отверстий при  $n=2000$  1/мин

На рисунке 1 представлена зависимость ВВ от диаметра распыливающих отверстий при частоте вращения коленчатого вала  $n=2000$  1/мин. Как видно, наибольшее влия-

ние изменение диаметра отверстий оказывает на NOx, СО и РМ. При увеличении диаметра больше 0,2...0,25 мм происходит снижение эмиссии NOx и увеличение выбросов продуктов неполного сгорания. Это объясняется увеличением задержки воспламенения топлива из-за снижения быстроты испаряемости. На других режимах работы дизеля наблюдается похожая картина. Оптимальным значением диаметра распыливающих отверстий с точки зрения показателя токсичности F можно выбрать диаметр равный 0,2 мм.

На рисунке 2 показана зависимость выбросов ВВ от величины надпоршневого зазора при частоте вращения коленчатого вала  $n=2000$  1/мин.

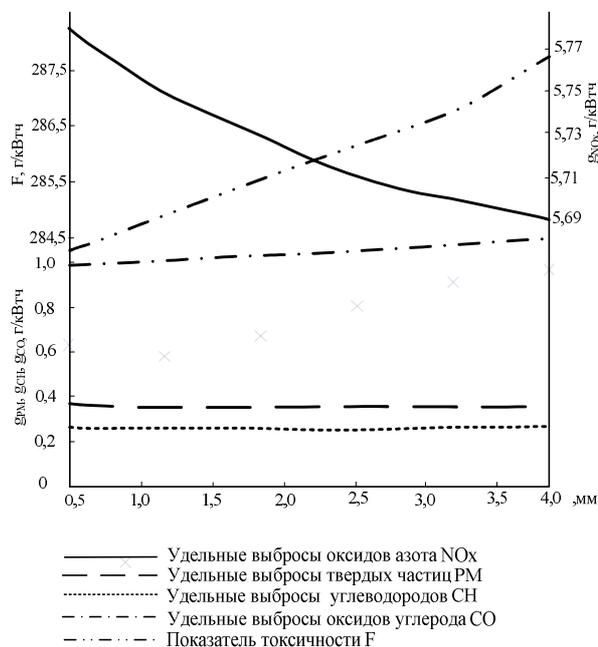


Рисунок 2 – Зависимости выбросов ВВ с ОГ дизеля 4Т371 от величины надпоршневого зазора при  $n=2000$  1/мин

Рост надпоршневого зазора ведет к увеличению объема камеры сгорания, в результате увеличиваются тепловые потери через стенки цилиндра, что снижает максимальную температуру сгорания топлива в камере сгорания, следовательно и образование NOx. Содержание вредных веществ продуктов неполного сгорания при увеличении зазора увеличивается. Согласно результатам исследования на разных режимах работы дизеля 4Т371 минимальные показатели токсичности находятся при минимальных значениях величины надпоршневого зазора.

## СНИЖЕНИЕ ТОКСИЧНОСТИ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ ДИЗЕЛЯ ПУТЕМ ОПТИМИЗАЦИИ ГЕОМЕТРИИ РАСПЫЛИТЕЛЯ

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Wook Hyeon Yoon, Joo Youn Kim, Dong Hun Kim, Ki Doo Kim and Ji Soo Ha - Optimization of Fuel Injection Nozzles for the Reduction of NOx Emissions in Medium-speed Marine Diesel Engines. Engine Research Department, Hyundai Industrial Research Institute R&D division, Hyundai Heavy Industries Co., Ltd. 1, Cheonha-Dong, Dong-Ku, Ulsan, 682-792, Korea.
2. Марков, В. А. Токсичность отработавших газов дизелей / В. А. Марков, Р. М. Баширов. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002. — 32 с.
3. Кульчицкий, А. Р. Токсичность автомобильных и тракторных двигателей / А. Р. Кульчицкий. — Владимир : Изд-во Владимирского государственного университета, 2000. — 256 с.