

3. EGR System in a Turbocharged and Intercooled Heavy-Duty Diesel Engine. Expansion of EGR Area with Venturi EGR System. Technical Review, 2003, № 15.
4. Taking the Diesel Engine into the Future. DAUS Tryck&Media AB Sundsvall, Sweden, May 2004.

УДК 621.436

**Влияние параметров системы рециркуляции
на показатели рабочего процесса и содержание NO_x
в отработавших газах дизелей**

Зеленков А. А., Петрученко А. Н.

Белорусский национальный технический университет

Чтобы уменьшить загрязнения окружающей среды вредными компонентами отработавших газов автомобильных двигателей внутреннего сгорания, допустимые предельные значения уровня эмиссии данных веществ в последние годы неуклонно уменьшаются. Для этого транспортные средства имеют дополнительные системы, ограничивающие уровень эмиссии отработавших газов.

Ни один двигатель внутреннего сгорания не обеспечивает полного сгорания топливовоздушной смеси даже при избытке кислорода. Чем хуже протекает процесс сгорания рабочей смеси, тем выше уровень эмиссии вредных веществ.

При сгорании топливовоздушной смеси выделяются многочисленные продукты неполного сгорания и побочных реакций, протекающих при сгорании топлива, основными из которых являются: монооксид углерода (CO); углеводороды (CH), оксиды азота (NO_x) и твердые частицы.

Из-за высокой опасности для окружающей среды основным токсичным компонентом отработавших газов двигателей принято считать оксиды азота. Наиболее высокий выход оксидов азота в дизелях поскольку сгорание топливовоздушной смеси у них происходит при избытке воздуха и как следствие с незначительным образованием монооксида углерода и углеводородов.

Эффект уменьшения интенсивности образования NO_x при использовании рециркуляции отработавших газов объясняется уменьшением содержания кислорода в рабочей смеси, замедле-

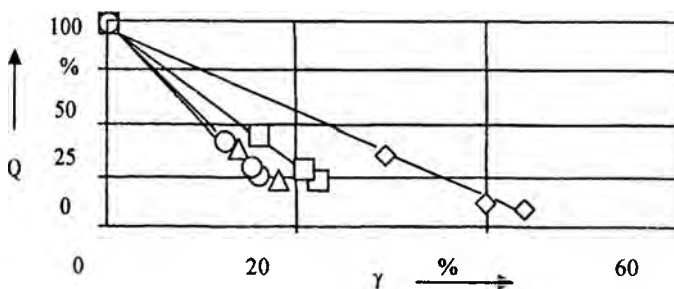
нием процесса сгорания и как следствие – снижением температуры продуктов сгорания.

Внешняя рециркуляция, как наиболее эффективная и распространенная на сегодняшний день, как правило, осуществляется двумя способами:

– перепуск отработавших газов через турбокомпрессор (линия низкого давления);

– перепуск отработавших газов во впускной коллектор с введением в систему дополнительных конструктивных элементов для обеспечения положительного перепада давлений перед турбиной и после компрессора (линия высокого давления).

На рисунке 1 показан эффект применения рециркуляции отработавших газов по линии высокого давления для дизеля с турбонаддувом и промежуточным охлаждением надувочного воздуха, имеющего литровую мощность 24 кВт.



◇ – нагрузка 20%, □ – нагрузка 50%, Δ – нагрузка 80%,
○ – нагрузка 100%

Рисунок 1 – Зависимости изменения степени эмиссии NO_x Q от степени рециркуляции γ , для различных нагрузочных режимов

Из зависимостей видно, что эффект снижения NO_x при той же степени рециркуляции увеличивается, когда нагрузка на двигатель возрастает.

Оценить влияния параметров рабочего процесса дизеля с системой рециркуляции отработавших газов на выход оксидов азота можно с помощью эмпирической зависимости.

В результате обработки экспериментальных данных, полученных на Минском моторном заводе при испытании 4-х цилиндрового дизельного двигателя с турбонаддувом с системой рециркуляции отработавших газов по 8-ступенчатому циклу, построена регрессионная зависимость для определения выхода NO_x вида:

$$M_{\text{NO}_x} = a_0 + a_1 \cdot \alpha + a_2 \cdot \alpha \cdot \alpha + a_3 \cdot T_z + a_4 \cdot T_z \cdot T_z + a_5 \cdot P_z + a_6 \cdot P_z \cdot P_z + a_7 \cdot p_i + a_8 \cdot p_i \cdot p_i, \quad (1)$$

где: $a_0, a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6, a_7, a_8$ – коэффициенты регрессии;

α – коэффициент избытка воздуха;

T_z – максимальная температура сгорания;

P_z – максимальное давление цикла;

p_i – среднее индикаторное давление.

Данная зависимость позволила выполнить анализ влияния количества и температуры рециркулируемых газов на содержание окислов азота в отработавших газах (рисунок 2).

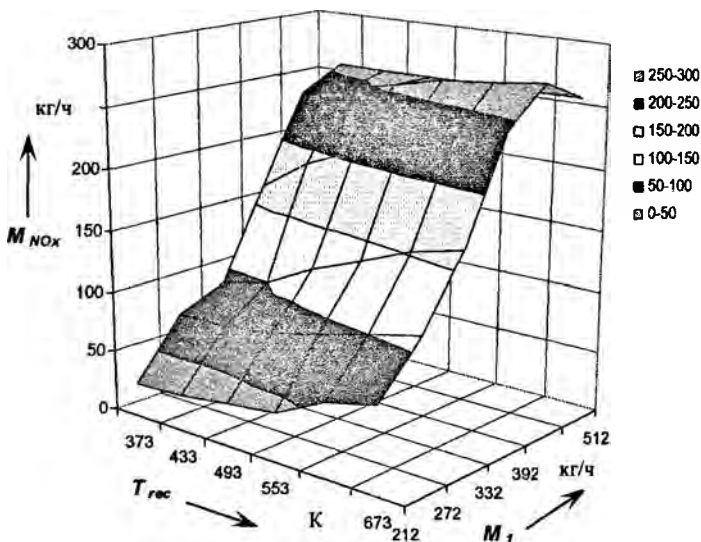


Рисунок 2 – Зависимость содержания окислов азота от количества свежего заряда M_1 и температуры рециркулируемых газов T_{rec}

Снижение количества образуемых оксидов азота обусловлено снижением концентрации кислорода в рабочей смеси, замедлением скорости сгорания топлива, увеличением его количества выгорающего на линии расширения и, как следствие, снижением максимальной температуры цикла.

С увеличением температуры рециркулируемых газов, снижается количество отработавших газов, поступивших в цилиндр. При этом повышается температура конца сжатия и, как следствие, возрастает максимальная температура сгорания. Поэтому с ростом температуры наблюдается некоторое увеличение выбросов оксидов азота.

Рост продолжительности выгорания топлива обуславливает увеличение его количества сгорающего вблизи нижней мертвой точки, что ведет к ухудшению топливной экономичности. При этом из-за ухудшения протекания рабочего процесса резко возрастают выбросы СН и СО.

Как показывает анализ применение рециркуляции отработавших газов наиболее эффективно на режимах частичных нагрузок и холостом ходу. При выборе системы рециркуляции следует учитывать следующие факторы:

- уровень токсичности ОГ который необходимо достичь.
- технико-экономические показатели двигателя
- значение перепада между давлением ОГ перед турбиной и давлением воздуха после компрессора, замеренное по всей характеристике работы двигателя (при выборе системы РОГ по контуру высокого давления).
- определенные значения необходимой степени рециркуляции ОГ на каждом режиме работы двигателя.
- рабочий процесс в двигателе должен быть согласован с работой системы РОГ.

Литература

1. Кухаренок, Г.М. Рабочий процесс высокооборотных дизелей / Г. М. Кухаренок. – Минск: БГПА, 1999. – 179 с.
2. Марков, В. А. Токсичность отработавших газов дизелей / В. А. Марков, Р. М. Баширов, И. И. Габитов. – 2-е изд., перераб. и доп.– Москва: Изд-во МГТУ, 2002.