

С.Сейфуллиннің 125 жылдығына арналған «Сейфуллин оқулары – 15: Жастар, ғылым, технологиялар: жаңа идеялар мен перспективалар» атты халықаралық ғылыми-теориялық конференциясының материалдары = Материалы Международной научно-теоретической конференции «Сейфуллинские чтения – 15: Молодежь, наука, технологии – новые идеи и перспективы», приуроченной к 125 - летию С.Сейфуллина. - 2019. - Т.1, Ч.2 - С.201-203

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОБРАЗОВАНИЯ ОКСИДОВ АЗОТА В ЦИЛИНДРЕ ДИЗЕЛЯ И МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ УЧЕТА РЕЦИРКУЛЯЦИИ.

Садуакасова Г.Б.

Для учёта влияния рециркуляции ОГ на процесс образования окислов азота уравнение[1]

$$\frac{dZ_{NO}}{d\varphi} = \frac{dZ_{NO}^K}{d\varphi} + (Z_{NO}^T + Z_{NO}^B - Z_{NO}) \cdot \frac{dM_{ПС}}{M_{ПС}} \cdot \frac{d\varphi}{M_{ПС}} \quad (1)$$

где Z_{NO} , $\frac{dZ_{NO}}{d\varphi}$ - объёмная концентрация NO и скорость ее изменения по углу

п.к.в.;

$\frac{dZ_{NO}^K}{d\varphi}$ - кинетическая составляющая скорости изменения концентрации

NO, учитывающая в дифференциальной форме эффект разбавления очередной долей продуктов сгорания, не содержащей NO;

$(Z_{NO}^T) \frac{dM_{ПС}}{M_{ПС}} \cdot \frac{d\varphi}{M_{ПС}}$ - составляющая скорости изменения NO, описывающая

процесс образования топливной окиси азота.

Формула (1) может быть представлено в виде:

$$\frac{dZ_{NO}}{d\varphi} = \frac{dZ_{NO}^K}{d\varphi} + (Z_{NO}^T + Z_{NO}^{BX} - Z_{NO}) \cdot \frac{dM_{ПС}}{M_{ПС}} \cdot \frac{d\varphi}{M_{ПС}}$$

где $(Z_{NO}^{BX}) \frac{dM_{i\bar{N}}}{M_{i\bar{N}}} \cdot \frac{d\varphi}{M_{i\bar{N}}}$ - дополнительный член, учитывающий ввод в зону

продуктов сгорания на линии тепловыделения некоторого количества молей NO, поступивших в цилиндр двигателя с остаточными или рециркуляционными газами.

Принимая гипотезу о равномерном распределении остаточных и рециркулируемых газов по объёму цилиндра, считается, что количество молей NO, перешедшее из зоны свежего заряда в зону продуктов сгорания,

пропорционально количеству воздуха (кислорода), пошедшего на сгорание топлива [2]:

$$dM_{NO} = (dM_B \cdot r_{NO}^{BOЗД}) \frac{dM_{ПС}}{M_{ПС}}$$

где $(r_{NO}^{BOЗД})$ - мольная доля NO, введённая в цилиндр за счет рециркуляции отработавших газов, приведённая к «чистому» воздуху, равная:

$$(r_{NO}^{BOЗД}) = \frac{M_{NO}}{M_B} = r_{NO}^{BOЗД} \frac{\alpha \cdot M_0 \cdot g_{Ц} (\gamma_p + \gamma_z)}{\alpha_p \cdot M_0 \cdot g_c} = r_{NO}^{BЫХЛ} \frac{\alpha \cdot \gamma}{\alpha_3}$$

тогда

$$r_{NO}^{BХ} = r_{NO}^{BЫХЛ} \frac{\alpha}{\alpha_p} \cdot \frac{\gamma}{\beta}$$

где β - действительный коэффициент молекулярного изменения;

α_p - коэффициент избытка воздуха с учётом рециркулируемых и остаточных газов, определяемый из выражения

$$\alpha_p = \frac{M_B}{M_O} g_{\dot{o}} = \alpha \left(1 + \gamma \frac{\alpha + 1}{(\beta_T - 1) + \alpha} \right)$$

где β_T - теоретический коэффициент молекулярного изменения при $\alpha = \alpha_{ct} = 1$. Обоснованность понятия $\alpha_{ct} = 1$ показана в работах Ю.В. Свиридова.

Средняя мольная концентрация NO по объёму камеры сгорания находится как средневзвешенное объёмных концентраций NO в зоне свежей смеси и продуктов сгорания:

$$r_{NO}^{CP} = \frac{r_O^{CM} \cdot \Delta M_{CM} + r_{NO}^{ПС} \cdot M_{ПС}}{\Delta M_{CM} + M_{ПС}}$$

где $\Delta M_{CM} = \frac{M_B}{r_B}$.

В свою очередь, мольная доля воздуха r_B выражается через приведённый коэффициент остаточных газов γ_r состава α_{CT} :

$$r_B = \frac{1}{1 + \gamma_r}$$

где $\gamma_r = \frac{M_{ПС} \cdot \alpha_{CT}}{M_B} = \frac{\beta / (\gamma(\beta_T - 1) + \alpha)}{1 + \gamma \frac{\alpha - 1}{\beta_T - 1 + \alpha}}$.

Поскольку $M_{ПС} = \beta \cdot \alpha_{CT} \cdot M_0 \cdot g_4 \cdot x(1 + \gamma_r)$,

где $g_{Ц}$ - цикловая подача топлива, кг/цикл;
 x - доля прореагировавшего топлива.

Окончательно получим выражение для концентрации NO в виде:

$$r_{NO}^{CP} = \frac{r_{NO}^{CM} (\alpha_p + \alpha_{CT} \cdot \beta \cdot x)}{\alpha_p + \alpha_{CT} \cdot x(\beta - 1)},$$

$$r_{NO}^{CM} = M_{NO} / M_{CM} = \frac{r_{NO}^{ВЫХЛ} \cdot \gamma}{1 + \lambda}$$

Пересчёт объемных концентраций NO в массовые единицы в пересчёте на один килограмм топлива осуществляется по следующим выражениям:

$$G_{NOI} = 30 r_{NO}^{CP} \frac{M_o (\alpha_p + \alpha_{CT} \cdot x (\beta - 1))}{1 + \gamma_r}$$

Массовое содержание окиси азота в цилиндре:

$$G_{NO} = 10^6 g_u \cdot G_{NOI}$$

Приведённая модель позволяет определить содержание окиси азота в цилиндре дизеля с учетом доли окислов азота, поступивших с рециркулируемыми газами.

Рециркуляция ОГ представляет собой перепуск части ОГ во впускной трубопровод и оказывает влияние прежде всего на параметры впуска, к которым следует отнести: состав впускного воздуха; температура на впуске; теплоёмкость рабочей смеси; давление на впуске и величина наддува (при РОГ наблюдается эффект «динамического наддува»); коэффициент избытка воздуха.

Образование оксидов азота не является результатом процесса сгорания, а количество их выхода зависит от температуры процесса. Окисление азота происходит за фронтом пламени в зоне продуктов сгорания, т.е. после завершения окислительных реакций[3].

Основными типами физических моделей условий и процессов, определяющих процесс образования окислов азота в цилиндре дизеля являются: модель стехиометрического слоя и многозональная объёмная модель.

В основу модели стехиометрического слоя положены два основных допущения: первое базируется на том экспериментальном факте, что процесс диффузионного сгорания в цилиндре дизеля протекает в дискретном фронте пламени при стехиометрическом составе смеси, равном единице; второе следует из некоторой аналогии процессов горения в дизеле и горении неперемешанных газов. В обоих случаях процессы смесеобразования, воспламенения и горения протекают со сдвигом во времени.

Список литературы

1. Истомин С.В., Снижение вредных выбросов при эксплуатации дизелей путем воздействия на рабочий процесс двигателя и совершенствования средств очистки отработавших газов: дис. 05.20.03, 05.20.01. докт. техн. наук. Саратов. 2005. 364с.

2. Достяров А.М., Калиева А.К., Умирзаков Р.А, Результаты исследования экологических показателей двигателя Камаз при двухфазной подаче топлива. // Вестник ЕНУ им. Л.Н.Гумилева, №2(117) часть 2, 2017.С.155-160.

3. Чернецов Д.А., Капустин В.П., Анализ процесса образования токсичных компонентов в камере сгорания дизельных двигателей.// Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. ВЕРНАДСКОГО. Тамбов. №1(32). 2011. С.54-58.