

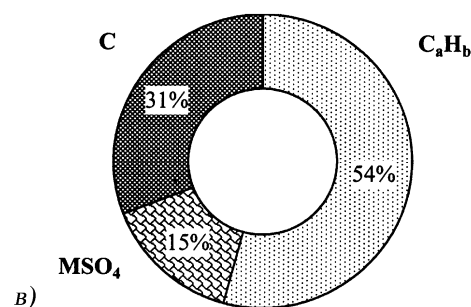
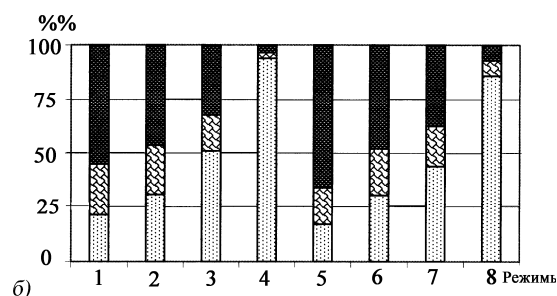
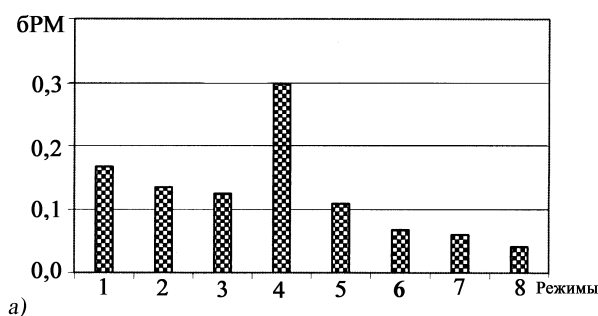


Рисунок. Оценка влияния режимов испытательного цикла согласно Правилам ЕЭК ООН №96 на: а) удельный выброс РМ; б) выброс основных компонентов РМ (снизу-вверх: тяжелые углеводороды, твердые сульфаты, сажа); в) вклад компонентов РМ в удельный выброс дисперсных частиц с ОГ тракторного дизеля

Литература:

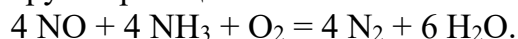
1. Alkidas A.C. Relationship between smoke measurements and particulate measurements // SAE Paper. – 1984. - No 840412. – 9 p.
 2. Muntean G.G. A theoretical model for the correlation of smoke number to dry particulate concentration in diesel exhaust // SAE paper. – 1999. –N 1999-01-0515.–9 p.
 3. Hardenberg H., Albrecht H. Grenzen der Rußmassbestimmung aus optischen Transmessungen // MTZ: Motortechn. Z. – 1987. – № 2. – S. 51-54.
 4. Экология автомобильных двигателей внутреннего сгорания // В.А.Звонов, Л.С.Заиграев, В.И.Черных, А.В.Козлов. – Луганск: ВНУ им. В.Даля, 2004. – 268 с.
 5. Greeves G, Wang J.T. Origins of Diesel Particulate Mass Emissions // SAE Transactions, Vol. 90, pp.1161-1172, 1981.
 6. Парсаданов И.В.Повышение качества дизелей на основе топливно-экологического критерия. – Харьков: Изд. Центр НТУ «ХПИ», 2003. – 244 с.
 7. Филипосянц Т. Р., Иванов А. Г. К вопросу об ускоренных методах контроля и доводки дизелей по экологическим параметрам // Экология двигателя и автомобиля: Сб. научн. тр. НАМИ. – М., 1998. – С. 19–25.
 8. Кульчицкий А.Р. Расчет эмиссии дисперсных частиц с отработавшими газами дизелей / Тракторы и сельскохозяйственные машины, №10, 2006. – С. 18-19.
- E-mail: ark6975@mail.ru А.Р. Кульчицкий

ОЦЕНКА ТЕМПЕРАТУРНО-ДИНАМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СИСТЕМЫ НЕЙТРАЛИЗАЦИИ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ ДВИГАТЕЛЯ

Салова Т.Ю. (Санкт-Петербургский государственный аграрный университет)

В результате выполненных исследований установлено, что реализация максимальной степени восстановления оксидов азота и снижение выбросов углеводородов с отработавшими газами (ОГ) двигателя внутреннего сгорания (ДВС) при эксплуатации мобильной техники в значительной мере зависит от обеспечения надлежащих тепловых режимов работы системы нейтрализации ОГ.

Поскольку процессы подвода и отвода теплоты к системе нейтрализации происходят на фоне меняющихся нагрузок и параметров внешней среды, то необходимо провести математический и натурный эксперимент разработанного образца нейтрализатора, с целью оптимизации его параметров, позволяющей учитывать влияние процессов массопереноса, и теплопередачи. Некаталитическое восстановление оксидов азота основано на селективном взаимодействии их с аммиаком в газовой фазе в соответствии с брутто-реакцией



Теоретическая эффективность восстановления определяется термодинамическим анализом продуктов сгорания в зависимости от коэффициента избытка воздуха, соотношения концентрации аммиака и оксидов азота. Максимальная степень конверсии NO в N₂ имеет место при достижении состояния конечного равновесия, что теоретически возможно при температурах порядка 1100 К (рисунок 1), и температурный диапазон незначительный – 1190 ... 1260 К. Нижняя температурная граница (1а) обусловлена кинетикой процесса, а верхняя (1б) - термодинамикой, причем верхняя граница практически совпадает с равновесной кривой (2). Из представленного анализа данных протекания процесса восстановления видны сложности практической реализации технологии: необходимость тщательной дозировки подачи аммиака, для избегания превышения концентрации не прореагировавшего аммиака в отходящих газах; организация точной подачи аммиака в нужную температурную зону.

Механизм бескаталитического восстановления оксидов азота определяется взаимодействием радикалов углеводородов CH_i- и азотсодержащих RN_i-, при этом роль радикалов RN_i- существенно выше, поэтому необходимо обеспечивать большое количество азотсодержащих радикалов в восстановительной зоне. В свою очередь азотсодержащие радикалы могут также переходить в оксид азота и молекулярный азот. В основном конкуренция путей определяется степенью разложения оксидов азота и существенно зависит от температуры. Установлено также, что чем больше содержание оксидов азота в продуктах сгорания, тем при более высоких температурах газа необходимо вводить аммиак.

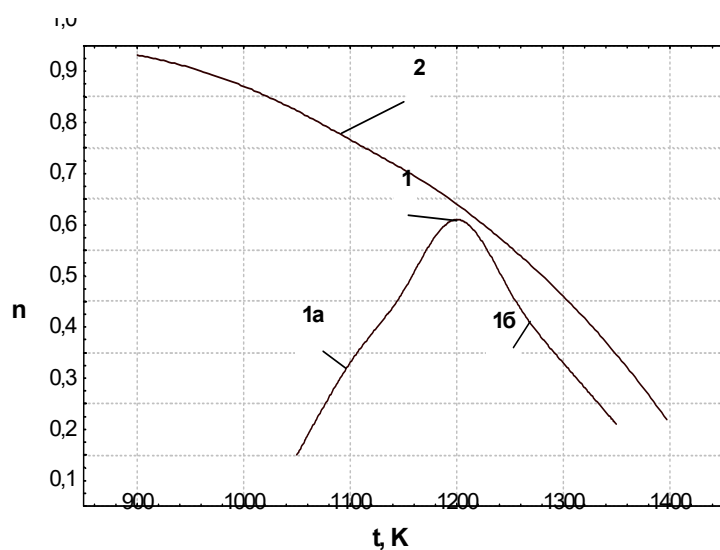


Рисунок 1 – Эффективность (n) восстановления оксидов азота аммиаком:

1 -высокотемпературное гомогенное восстановление,
2 - равновесная кривая .

Лимитирующей фазой разложения и восстановления оксидов азота является путь образования азотсодержащих радикалов из аммиака, на который оказывают существенное влияние коэффициент избытка воздуха α и отношение кон-

центраций аммиака к концентрациям оксидам азота – коэффициент β , температура и концентрация оксидов азота в ОГ.

Согласно расчетным исследованиям значение температуры ввода аммиака определяется коэффициентами α и β . Чем больше α в восстановительной зоне или меньше количество вводимого в нее аммиака β , тем меньше значение температуры ввода аммиака. Для любой температуры ввода аммиака существует оптимальное количество подаваемого аммиака при данных α , при максимальной эффективности восстановления оксидов азота.

Установлено, что в процессе восстановления побочная реакция образования оксидов азота из аммиака протекает при температуре порядка 1400 К и выше, катализатором данной реакции могут быть поверхности металла и керамики, при этом реакция может идти и при более низких температурах. В целом при температурах выше 1190 К возрастает роль побочных реакций. Увеличение β приводит к уменьшению концентрации оксидов азота, однако при этом наблюдается остаточное количество аммиака на выходе.

Эффективность метода повышалась при максимально полном перемешивании аммиака с продуктами сгорания. Так как расход аммиака небольшой, то удовлетворительное перемешивание обеспечивается благодаря подаче аммиака с помощью какой-либо среды – воздуха, обработавших газов.

Представленный анализ исследований процесса нейтрализации оксидов азота позволяет установить значения и интервалы варьирования основных параметров нейтрализации оксидов азота: температура процесса восстановления – 1000 ... 1100 К; количество восстановителя β , определяемое концентрацией оксидов азота в ОГ; время протекания реакций восстановления оксидов азота τ - 0,8 до 1,0 с.

Конвективный теплообмен определяет время локального воздействия восстановителя, в результате которого образуются метастабильные фазы или активные центры цепных реакций восстановления оксидов азота.

Для исследования соответствия условий тепломассообмена высокоэффективной степени восстановления оксидов азота при различных сочетаниях режимов работы двигателя и состояния окружающей среды была создана установка на базе дизеля Д-240, оборудованная контрольно-измерительными и регистрирующими приборами и системой нейтрализации ОГ.

Для выполнения поставленных задач программа исследований включала различные сочетания скоростных и нагрузочных режимов работы двигателя, перекрывающие основные режимы работы двигателя в условиях эксплуатации и режиме городской езды. За основные оценочные показатели работы двигателя приняты эффективная мощность и удельный расход топлива, теплота, переданная ОГ в процессе нейтрализации, температуры ОГ, рециркулирующих газов и газа восстановителя, окружающей среды.

Оптимальные сочетания времени и количества подачи восстановителя на различных режимах работы двигателя определялись методами математической теории планирования эксперимента (таблица 1).

Наибольшая степень восстановления оксидов азота, при их исходной концентрации в ОГ 1200...1300 ppm, наблюдалась при подаче восстановителя с концентрацией аммиака от 0,075 мг/мл до 0,12 мг/мл и скорости подачи аммиака от 0,6 до 1,2 мг/мин (рисунок 2).

При уменьшении скорости подачи аммиака при работе нейтрализатора на режиме максимальной мощности, степень восстановления оксидов азота снижалась с 90 % при скорости подачи 0,9 ... 1,1 мг/мин, до 70 % при 0,6 мг/мин и до 50 % при 0,2 мг/мин.

Таблица 1 – Планирование эксперимента

U	X1		X2	
	код	C _{ННЗ} , мг/мин	код	n, об/мин
1	-1,00	0,39	-1,00	1945
2	+1,00	0,81	-1,00	1945
3	-1,00	0,39	+1,00	2655
4	+1,00	0,81	+1,00	2655
5	0	0,6	0	2300
6	-1,41	0,3	0	2300
7	+1,41	0,9	0	2300
8	0	0,6	-1,41	1800
9	0	0,6	+1,41	2800
10	0	0,6	0	2300

С увеличением скорости подачи аммиака до 1,5 мг/мин, эффективность восстановления оксидов азота уменьшается примерно до 60 ... 70 %. Начало процесса восстановления оксидов азота отмечалось при температуре 300 °С, а максимум достигался при 550...600 °С при любой концентрации аммиака (рис. 2).

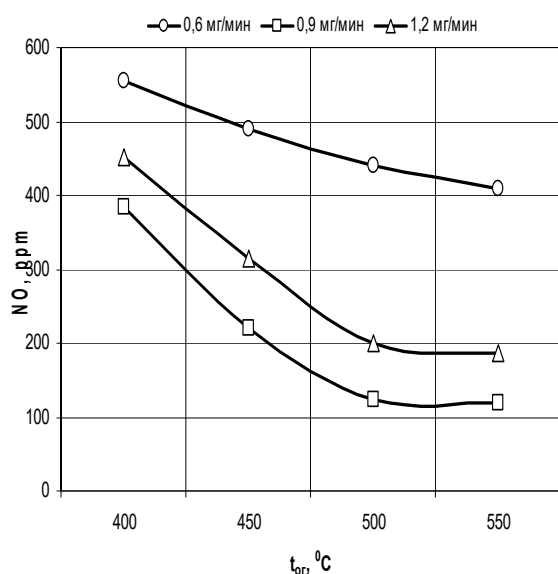


Рис. 2. Изменение концентрации оксидов азота в зависимости от температуры ОГ при различной скорости подачи аммиака

При температуре ОГ ниже оптимальной - 400...600 °С и неизменной скорости подачи аммиака, на выходе из нейтрализатора возможно присутствие непрореагировавшего аммиака. Поэтому для нижней границы температурного интервала количество подаваемого аммиака уменьшалось, что приводило к снижению эффективности восстановления оксидов азота.

На основании полученных экспериментальных зависимостей восстановления оксидов азота ОГ определен необходимый уровень концентрации аммиака и скорость подачи восстановителя в соответствии с изменением температуры ОГ дизеля. Для температуры ОГ выше 400 °С, скорость подачи аммиака составляет 0,6...1,2 мг/мин при изменении частоты вращения дизеля от 1800 мин⁻¹ до 2800 мин⁻¹.

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ МЕТОД РАСЧЕТА СРЕДНИХ РАВНОВЕСНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ ОКСИДОВ АЗОТА NO_x ПО ТЕМПЕРАТУРНОМУ ПОЛЮ ВНУТРИЦИЛИНДРОВОГО ПРОСТРАНСТВА ВЫСОКОФОРСИРОВАННОГО ДИЗЕЛЯ

Г.А. Вершина, А.Ю. Пилатов
(Белорусский национальный технический университет);