

41.05

Академия транспорта Российской Федерации
Алтайский государственный технический университет
им. И.И.Ползунова

**Повышение экологической безопасности
автотракторной техники**

Сборник статей

Под редакцией
доктора технических наук, профессора,
академика АТ РФ
А.Л. Новоселова



НАУЧНЫЙ
АБО.ЛЕМЕНТ
Барнаул 1998

КОНТРОЛЬНЫЙ ЛИСТ
СРОКОВ ВОЗВРАТА

КНИГА ДОЛЖНА БЫТЬ
ВОЗВРАЩЕНА НЕ ПОЗЖЕ
УКАЗАННОГО ЗДЕСЬ СРОКА

Коллек. вред. выдан

23.04.02
25.11.07
19.03.05

5003

24. Крохта Г.М., Протасов С.Н., Николашико А.В.
Влияние параметров воздуха на выпуск
на уровне выбросов окислов азота дизельными
25. Вагнер В.А., Матиевский Д.Д., Свищула А.Е.
Снижение дымности дизелей воздействием
на состав топлива. 85
26. Лоскутов А.С., Матиевский Г.Д.
Метод расчета температуры продуктов
сгорания двигателя внутреннего
сгорания с учетом диссоциации. 89
27. Лоскутов А.С., Свищула А.Е.
Математическая модель образования
термических окислов азота в цилиндре дизеля. 91
28. Мельберг А.А., Новоселов А.А., Неучаев А.Ф.
Снижение вредных выбросов автомобильных
дизелей нейтрализацией отработавших газов. 94
29. Мельберг А.А., Новоселов А.А., Ковалева Л.А.
Возможности каталитической нейтрализации
газов двигателя внутреннего сгорания. 99
30. Мельберг А.А., Павлюк А.С.
Снижение вредных выбросов тракторных дизелей. 102
31. Силиным В.А., Новоселов А.А.
Возможности каталитической нейтрализации
отработавших газов дизелей. 105
32. Унгефук А.В., Мельберг А.А.
Снижение токсичности дизелей
восстановлением их технического состояния. 109
33. Новоселов А.Л., Верстухин В.Г.
Влияние антидымных присадок на работу дизелей. 111
34. Новоселов А.Л.
Влияние характеристик дизельных топлив
и присадок в них на выбросы окислов азота. 113
35. Вагнер В.А., Лоскутов А.С., Кузманяков С.П.
Выявление эффективности мероприятий
по снижению вредных выбросов дизелей
за счет модификации состава топлива. 116
- 119

20-00

36. Новоселов А.Л., Григорьева Т.Ю., Кондратьев В.В.
Влияние антидымных присадок в топливо на
рабочий процесс и дымность дизельных двигателей. 121
37. Новоселов С.В., Альхассанат Расд.
Определение влияния антидымных присадок
на эксплуатационные показатели дизельного топлива. 124
38. Новоселов С.В., Альхассанат Расд.
Влияние антидымных присадок на качество
топлива дизельных двигателей. 126
39. Анисимов К.Г., Волков В.И.
Модель вязкого течения в капиллярах. 132
40. Анисимова Е.А., Волков В.И.
Моделирование фильтрации несжимаемой жидкости. 135

ПОВЫШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ АВТОТРАКТОРНОЙ ТЕХНИКИ

Подписано в печать 10.12.98. Формат 60×84 1/16.
Печать - ризография. Усл.п.л. 8.19. Уч.-изд.л. 7.82.
Тираж 100 экз. Заказ 82/98

Издательство Алтайского государственного технического
университета им. И.И. Ползунова, 656099, г. Барнаул
пр-т Ленина, 46.

Лицензия на издательскую деятельность ЛР № 020822
от 21.09.98 года.

Лицензия на полиграфическую деятельность
ПЛД № 28-35 от 15.07.97



Отпечатано в ЦОП АлтГТУ 656099, г. Барнаул,
пр-т Ленина, 46

где $\alpha'' = k_2 [r_{O_2}]_p [r_{N_2}]_p$ - отношение действительной концентрации кислорода к равновесной; $R_{1p} = k_1 [r_{O_2}]_p [r_{N_2}]_p$; $R_{2p} = k_{2,2} [r_{O_2}]_p [r_{N_2}]_p$ и т.д. - скорости реакций при равновесных значениях концентраций реагирующих веществ; P - давление газов в цилиндре; M , n - частота вращения коленчатого вала, мин^{-1} ; T - температура продуктов сгорания; K ; $[r_{O_2}]_p$; $[r_{N_2}]_p$ и т.д. - равновесные концентрации реагирующих веществ; об. дол. - газовая постоянная; $R = 8,314 \text{ кДж/(кмоль К)}$; $k_{2,1}$ - константы скоростей прямых и обратных реакций, $\text{м}^3/(\text{кмоль с})$.

Используя принцип квазистационарных концентраций для N , O , N_2O , OH , после несложных преобразований по аналогии с (3), (4) для расширенного кинетического механизма получим:

$$d[NO]/dt = 2(1-\alpha'') [R_{1p} / (1+\alpha'') k_1] + R_{2p} / (1+k_2) + R_{3p} \quad (5)$$

где $R_{1p} = \dots$; $k_2 = \dots$; $R_{2p} = k_3 [r_{OH}]_p [r_{N_2}]_p \dots$

$$R_{2p} + R_{3p} \quad R_{2p} + R_{3p}$$

На основании анализа литературных данных и выполненных исследований были найдены коэффициенты аппроксимации констант равновесия и констант скоростей реакций, приведенные в табл. 1.

Таблица 1

Значения коэффициентов аппроксимации констант равновесия k_i и констант скоростей реакций $k_{i,1}$ образования NO , $\text{см}^3/(\text{моль с})$
 $K = A T^b \exp(E/RT)$

Конс- танта k_i	A	B	E, Дж/моль	Фактор неопределенности	
				f	F
1. $N_2 + O = NO + N$					
k_1	2,0663	0,09253	-31460	-	-
$k_{1,1}$	$1,8200 \cdot 10^{14}$	0	-319020	0,65	1,35
$k_{1,2}$	$8,8080 \cdot 10^{13}$	-0,09253	-4420	0,74	1,54

$2.O_2 + N = NO + O$					
k_2	13,107	-0,12178	131330	-	-
$k_{2,2}$	$4,9440 \cdot 10^{10}$	0,87822	-41770	0,77	1,43
$k_{2,3}$	$3,8500 \cdot 10^9$	1,0	-173100	0,70	1,30
$3.OH + N = NO + H$					
k_3	$5,6200 \cdot 10^7$	0,2234	202730	-	-
$k_{3,3}$	$9,5540 \cdot 10^{12}$	0,2234	-1470	0,70	1,67
$k_{3,4}$	$1,7000 \cdot 10^{14}$	0	-204200	0,60	1,40
$4.N_2O + O = NO + NO$					
k_4	$2,0450 \cdot 10^5$	-1,0388	144080	-	-
$k_{4,4}$	$6,9200 \cdot 10^{13}$	0	-111410	0,50	1,50
$k_{4,5}$	$3,3840 \cdot 10^8$	1,0388	-255490	0,67	2,00
$5.O_2 + N_2 = N_2O + O$					
k_5	$9,7860 \cdot 10^5$	1,0451	-326860	-	-
$k_{5,5}$	$9,7860 \cdot 10^9$	1,0451	-444090	0,67	2,50
$k_{5,6}$	$1,0 \cdot 10^{14}$	0	-117230	0,40	1,50
$6.OH + N_2 = N_2O + H$					
k_6	$2,9770 \cdot 10^7$	1,4302	-254910	-	-
$k_{6,6}$	$2,2580 \cdot 10^7$	1,4302	-318100	0,63	1,67
$k_{6,7}$	$7,5860 \cdot 10^{13}$	0	-63190	0,60	1,60
$7.N_2 + O_2 = NO + NO$					
k_7	27,083	-0,02925	-183270	-	-
$k_{7,7}$	$9,120 \cdot 10^{23}$	-2,50000	-538000	-	-
$k_{7,8}$	$3,367 \cdot 10^{22}$	-2,47075	-354730	-	-

УДК 021.48.068.001.3

Снижение вредных выбросов автомобильных двигателей нейтральной отработавших газов

Мельберг А.А., Новоселов А.А., Нечуяев А.Ф.

Разработан процесс получения блочных пористых проищесных каталитических фильтров с заданными свойствами как по разме-

рам и упорядоченности пор, так и по предзнаменности, по типу реакций при нейтрализации газов сложного состава. Процесс получения блочных пористых пронизаемых каталитических фильтров является развитием работ по использованию самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС-технологий).

На основе блочных каталитических фильтров создана гамма устройств каталитических нейтрализаторов для дизелей автомобилей, тракторов и дорожной техники, защищенных патентами Российской Федерации. Ряд устройств прошел стендовые и дорожные испытания. В настоящей статье представлены результаты сравнительных испытаний каталитических нейтрализаторов для дизелей КамАЗ, устанавливаемых на автомобилях эксплуатируемых в условиях с ограниченным воздухообменом. Учитывая, что човремненные дизели КамАЗ уже удовлетворяют нормам ЕВРО-1, использование на них каталитических нейтрализаторов позволит им удовлетворять требованиям нормы ЕВРО-2.

Сравнительные испытания двигателя КамАЗ - 740 проведены по нагрузочным и скоростным характеристикам, а также на определенные эффективности каталитической нейтрализации при выработке двигателя до 280 часов на режиме максимальной мощности.

В систему выпуска отработавших газов дизеля КамАЗ, установленного на стенде и оборудованного измерительной аппаратурой согласно ГОСТ 14846-81 и дооборудованного аппаратурой по ГОСТ 17.2.2.01-84 и ГОСТ 37.001.284-81, монтировалась на расстоянии 2.20 м от выпускных коллекторов два типа каталитических нейтрализаторов конструкции АлГТУ им. И. И. Ползунова: комбинированный нейтрализатор с окислительным блоком с "клиншим" или псевдожидким слоем окисного катализатора ЛПК-0,5 (платинового) и восстановительным пористым пронизаемым каталитическим блоком, выполненным по СВС-технологии (КНКС), двухступенчатый нейтрализатор с пористыми пронизаемыми каталитическими элементами, выполненными по СВС-технологии (ПКЭН).

Результаты испытаний, проведенных по ангрязочной характеристике по ГОСТ при 2500 мин⁻¹ показали, что при использовании нейтрализатора КНКС выбросы окислов азота (NO_x) по ангрязочной характеристике снижаются с 3,82 г/м³ (P_н = 0,03 МПа) ... 11,62 г/м³ (P_н = 0,55 МПа) ... 9,49 г/м³ (P_н = 0,77 МПа) до 3,61 ... 6,92 ... 6,64 г/м³ соответственно. При использовании нейтрализатора ПКЭН выбросы NO_x по

ангрязочной характеристике снижаются при тех же значениях P_н до 3,22 ... 5,52 ... 4,61 г/м³ соответственно.

Снижение выбросов твердых частиц (ТЧ) наблюдалось при указанных выше значениях среднего эффективного давления по ангрязочной характеристике при использовании нейтрализатора КНКС на 50 ... 28 ... 31 %, а при использовании нейтрализатора ПКЭН - на 75 ... 45 ... 63 %.

Снижение выбросов углеводородов для тех же значений среднего эффективного давления составило при использовании нейтрализатора КНКС - 54 ... 33 ... 27%, а в случае применения ПКЭН - 72 ... 53 ... 64%.

Противодавление выпуску в случае применения указанных нейтрализаторов не превышало 650 ... 660 мм вод. ст., что не привело к заметному увеличению расхода топлива.

Эффективность применения каталитических нейтрализаторов подтверждена и при испытании дизеля КамАЗ по внешней скоростной характеристике. Обнаружено, что при использовании нейтрализатора КПКС происходит снижение выбросов углеводородов с 3,12 ... 1,21 г/м³ до 1,95 ... 0,83 г/м³ или на 37 ... 32 %, а при использовании нейтрализатора ПКЭН - на 40 ... 42%. Сравнительно низкая эффективность снижения выбросов углеводородов объясняется низкими температурами отработавших газов, составляющими в местах установки нейтрализаторов 150 ... 250°C. В то время как известно, согласно закону Гесса, что при увеличении температур на каждые 10° скорости реакции возрастает в 2 ... 4 раза, при установке нейтрализаторов ближе к выпускным коллекторам эффективность очистки от углеводородов может быть повышена. Но этого нельзя делать по причине невозможности компоновки нейтрализаторов на автомобилях КамАЗ.

Эффективность нейтрализации СО в случае применения нейтрализатора КНКС составила 69 ... 77%, а нейтрализатора ПКЭН - 75 ... 73%. Эффективность нейтрализации СО может быть также повышена в случае температуры отработавших газов на входе в реактор нейтрализатора.

Эффективность нейтрализации окислов азота достигает в случае применения обоих типов нейтрализаторов 28 ... 32%.

Эффективность очистки отработавших газов от твердых частиц можно повысить тремя путями.

- введением в состав пористых каталитических блоков элементов, снижающих температуру воспламенения сажи или другими способами - энергично активации в резких окисления углерода;
- повышения температуры пористых каталитических блоков путем их дополнительного подогрева;
- снижением среднего диаметра пор в стенках каталитических блоков и введением турбулентности потока отработавших газов на входе в реактор нейтрализатора.

Однако и указанная выше эффективность каталитических нейтрализаторов уже на настоящем этапе позволяет решать вопросы о приведении уровня выбросов автомобильных двигателей к нормам ЕВРО-3.

Испытание дизеля с указанными нейтрализаторами на ресурс их эффективности приведены для нейтрализатора КНКС - 365 мотоцилов для нейтрализатора ПКЭН - 280 мотоцилов. При этом к окончанию испытаний противодавления выпуску составили для нейтрализатора КНКС - 665 мм вод.ст., для нейтрализатора ПКЭН - 610 мм вод.ст.

Повышение противодавления объясняется накоплением твердых частиц в стенках пористых проищаемых каталитических блоках. Регенерация блоков происходит непосредственно по месту установки на автомобиле. При этом на холодном ходу и повышенной частоте вращения коленчатого вала через специальное отверстие возле выпускного коллектора в полость трубки подается раствор $SiCl_4 + NaCl$ в 10% этиленгликоле и 0,5% тиофена. В течение одного часа работы происходит полная очистка каталитических блоков нейтрализатора и противодавление выпуска снижается приблизительно до 550 мм вод.ст.

УДК 621.43.068

Расширение возможности каталитической нейтрализации газов двигателяй внутреннего сгорания

Мельборт А.А., Новослов А.А., Козалева Л.А.

Проведенный анализ состояния работ по нейтрализации отработавших газов двигателяй внутреннего сгорания говорит о том, что к

числу перспективных путей ее развития далее не могут быть отнесены следующие: пламенная нейтрализация (ПН), жидкостная нейтрализация (ЖН), термokatалитическая нейтрализация (ТКН) и ряд других, разработке которых были посвящены исследования значная с 1965...1966 годов.

Пламенная нейтрализация отработавших газов (ОГ) не конкурентноспособна ввиду того, что требует дополнительного расхода топлива, затрат энергии на поддержание пламени, подачу воздуха. Кроме этого ПН имеет низкий уровень очистки ОГ от CO , NO_x , C_1H_4 и сажи, высокую пожароопасность, необходимость системы автоматия, связанной с режим эксплуатации с осуществлением дополнительной подачи топлива и воздуха.

Жидкостная нейтрализация ОГ как самостоятельная не существует ни в одной стране мира. ЖН используют как дополнительную с другими видами нейтрализации только для снижения температуры ОГ на выходе из системы выпуска. К числу исправительных факторов ЖН относятся увеличение габаритов техники, существование паров химических реагентов, испаряемых ОГ, большой расход жидкости и реагентов, низкий показатель всесезонности эксплуатации ввиду замерзания реагентов на стоянках в зимнее время.

Термокatalитическая нейтрализация разработана достаточно хорошо, зарекомендовала себя высокой степенью очистки, особенно от окислов азота и продолжает успешно применяться в горнодобывающей промышленности. С другой стороны ТКН громоздки, тяжелы, не могут быть размещены вместо глушителей, требуют дополнительного расхода энергии на привал воздуха, шумок, систем зажигания, подогревания и подачи топлива, расход топлива в целом двигателем с ТКН увеличивается на 15%. Установка ТКН на транспортных средствах требует надежной системы автоматия для обеспечения согласования системы подогрева ОГ с режимами эксплуатации двигателя. Применение КН с "хлипшим" или псевдожидким слоем катализатора дает невозможность достаточно высокой очистки газов от всех нормируемых компонентов. Недостатком является то, что катализаторы в таких процессах истираются и частично выносятся.

В настоящее время стали известны данные производства легковых автомобилей с нейтрализаторами в 1996 году: