

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ ДИЗЕЛЕЙ И ИХ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ

Н.В. Батурин, Д.Н. Титов, Г.В. Медведев, А.А. Новоселов, Н.Н. Грабовская

В статье изложены результаты анализа совершенствования конструкций дизелей и устройств, обеспечивающих нейтрализацию отработавших газов в целях совершенствования экологических показателей. Показана необходимость использования каталитической очистки газов в целях достижения норм, установленных ЕВРО-стандартами.

The article presents the results of analysis of diesel design improvement and devices helping to neutralize the exhaust gases in order to improve the ecological characteristics. The necessity to use catalyst cleaning of gases for corresponding Euro-standards is shown in the article.

Основной проблемой, возникающей при снижении вредных выбросов на рабочий процесс дизеля, является снижение топливной экономичности и увеличение выбросов продуктов неполного сгорания при определении мероприятий, направленных на снижение выбросов оксидов азота. Это отмечено в работах С.А. Батурина, И.Л. Варшавского и Р.В. Малова, В.В. Горбунова и Н.Н. Патрахальцева, О.И. Демочки, В.Н. Ложкина, О.И. Же-

галина, П.Д. Лупачева, А.С. Лоскутова, В.А. Звонова, В.Ф. Кутенева, А.З. Филиппова, А.Л. Новоселова, В.А. Вагнера, В.И. Смайлиса, А.А. Мельберт и многих других отечественных и зарубежных исследователей.

В таблице 1 приведено содержание основных нормируемых компонентов в отработавших газах дизелей.

Таблица 1 – Содержание основных нормируемых компонентов в отработавших газах дизелей

Компоненты отработавших газов дизелей	Концентрация в отработавших газах в объемной массе, г/м ³			Удельные выбросы, г/(кВт·ч)	
	по В.И. Смайлису	по данным фирмы «Bosch»		по В.И. Смайлису	по данным фирмы «Bosch»
		min n	режим полной мощности		
Оксид углерода – СО	0,25...2,50	0,125...0,562	0,44...2,50	1,5...12,0	2,2...10,0
Оксиды азота – NO _x	2,00...8,00	0,10...0,51	1,23...5,125	10,0...30,0	6,15...20,5
Углеводороды – C _x H _y	0,25...2,0	0,19...1,91	до 0,57	1,5...8,0	до 2,28
Твердые частицы – ТЧ	0,05...0,50	0,02	до 0,2	0,25...2,0	до 0,8

Другой проблемой является оптимизация турбулизации заряда в цилиндрах двигателей с различными способами смесеобразования: объемным (ОС), объемно-плечными (ОПС), плечными (ПС), вихрекамерным (ВКС), предкамерным (ПКС). Здесь указана ранговая последовательность по топливной экономичности и обратная ранговая зависимость по удельным выбросам оксидов азота NO_x при оптимальной турбулизации заряда в цилиндре.

Проблемой является и выполнение тре-

бований ЕВРО-стандартов по всем компонентам одновременно, поскольку оптимизация регулировок топливной аппаратуры, условий наполнения и организации смесеобразования настроена на получение высокой топливной экономичности.

Ужесточающие требования ЕВРО-стандартов к уровням дымности и токсичности дизелей привели к положению, когда стало невозможно добиваться требований ЕВРО-4 и ЕВРО-5 однозначными техническими решениями. В таблице 2 приведены требова-

ния ЕВРО-стандартов на примере дизелей для автомобилей классов.

Накопленный опыт совершенствования дизелей в целях снижения уровней вредных выбросов с отработавшими газами при одновременном повышении топливной экономич-

ности, оценки перспектив развития дизелей, выполненные фирмой AVL (Австрия), НИИАТ и ЦНИДИ (Россия) и другими, говорят о том, что на ближайшие десятилетия конкурентоспособными остаются дизели как без наддува, так и с газотурбинным наддувом.

Таблица 2 – Динамика нормирования выбросов дизельных грузовых автотранспортных средств и автобусов, г/(кВт·ч)

Ступень	Год введения	Частицы	NO _x	C _x H _y	CO
ЕВРО-1	1993	0,36	8,0	1,1	4,5
ЕВРО-2	1996	0,15	7,0	1,1	4,0
ЕВРО-3	2000	0,1	5,0	0,66*	2,1
ЕВРО-4	2005	0,02	3,5	0,46*	1,5
ЕВРО-5	2008	0,02	2,0	0,25*	1,5

Примечание. *Неметановые углеводороды

В то же время с годами изменяются приоритеты отдельных требований к качествам дизелей. Если в 90-е годы для автомобильных дизелей приоритеты складывались в порядке важности: скоростные качества, расход топлива, ресурсы топлива, токсичность отработавших газов, технические возможности производства, то в начале 2000-х годов изменение требований и приоритеты выстраиваются в следующем порядке: ресурсы топлива, токсичность отработавших газов, расход топлива, скоростные качества, технические возможности производства.

Стратегия снижения уровней вредных выбросов дизелей сводится во многом к решению двуединой задачи – снижения токсичности отработавших газов и повышения топливной экономичности.

Известно, что наиболее экономичными являются дизели с объемным смесеобразованием. Они же имеют наиболее низкие уровни вредных выбросов твердых частиц с отработавшими газами.

В то же время, как показывает опыт эксплуатации и исследований, дизели с объемным смесеобразованием выбрасывают наибольшее (до 10,5 г/м³) количество оксидов азота. Отмечен опыт использования неразделенных, открытых камер сгорания с завихрителями заряда во впускном патрубке при создании дизелей типа 8ЧН21/21 и с завихрителями заряда во впускном патрубке при создании дизелей БМД 6ЧН15/18 с предпосылками снижения уровней выбросов NO_x.

Максимум выбросов NO_x дизелями с

объемным смесеобразованием приходится по нагрузочной характеристике, как правило, на нагрузки от 62,5 % до 87,5 % от N_{ен}. Оптимальной интенсивностью вихревого движения воздушного заряда в камере сгорания является такая, при которой заряд, вращаясь как твердое тело, за время впрыска топлива поворачивается на угол, равный углу между соседними факелами топлива.

При объемно-пленочном смесеобразовании процесс сгорания протекает «мягче», максимальные температуры сгорания несколько ниже, чем при объемном, часть топлива сгорает при испарении его со стенок камеры сгорания. Это и определяет более низкие скорости окисления азота вблизи ВМТ. Дизели с объемно-пленочным смесеобразованием имеют незначительные выбросы ТЧ, умеренные выбросы CO, C_xH_y, NO_x. Уровень выбросов окислов азота достигает 7...7,2 г/м³ при нагрузках 69...92 % от N_{ен} по нагрузочной характеристике.

Резервами улучшения топливной экономичности и снижения токсичности отработавших газов дизелей с ОПС является применение теплозащитных покрытий (ТЗП).

Согласно опыту ОАО «Алтайдизель» и ЧТЗ, применение стальных накладок на поршни, например, по патенту Великобритании № 1519647, приводит к мелкокомасштабной турбулизации заряда вблизи стенок камеры сгорания.

Фирма «HINO» (Япония) предложила, запатентовала и успешно выпускает дизели с высокоэкономичным и малотоксичным про-

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ ДИЗЕЛЕЙ И ИХ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ

цессом с мелкомасштабной турбулизацией заряда, основанным на эффекте микросмещения и многоочагового воспламенения. При разработке процесса обращено большое внимание на изменение концентрационной неоднородности топливоздушная смеси в камере сгорания. Процесс получил название HMMS (Хино Микро Микинг Систем), изобретение оформлено заявкой Японии № 1 – 15685 FO2 В 23/06.

Свой малотоксичный и высокоэкономичный процесс, обеспечивающий низкую дымность отработавших газов, разработала фирма «Издзу моторс» (Япония). Фирмой «Коматцу Лтд» (Япония) разработан рабочий процесс, получивший сокращенное название МТСС (Микро Турбуленсе Комбашн Чамбе), основанный на микротурбулизации воздушного заряда в скругленных углах квадратной камеры сгорания в поршне.

В НИКТИД (Россия) разработан рабочий процесс на основе камеры сгорания в поршне, боковые стенки которой выполнены в виде отдельных секций с участками перехода в днище и отдельными друг от друга выступающими ребрами (а.с. № 1315630). В АлтГТУ им. И.И. Ползунова также разработана и испытана камера сгорания в поршне (патент РФ № 1456622), обеспечивающая мелкомасштабную турбулизацию заряда вблизи стенок. Исследования В.Ю. Русакова показали, что при улучшении топливной экономичности дизеля ЧН13/14 наблюдалось снижение выбросов NO_x с 7,2 до 4,8 г/м³ на режиме номинальной мощности. Подобные процессы разработаны на основе изобретений по патентам США № 4176628, ФРГ № 2753341 и другими.

Таким образом, резервом и перспективной для дизелей является применение мелкомасштабной турбулизации воздушного заряда вблизи стенок камер сгорания.

Практически не уступают по топливной экономичности дизелям с объемно-пленочным смесеобразованием отдельные конструкции дизелей с пленочным смесеобразованием и полуразделенными камерами сгорания. Выбросы окислов азота такими дизелями не превышают 4,1 г/м³. Процессы с пленочным смесеобразованием используются в автомобильных и тракторных дизелях MAN RABA-MAN (Венгрия), Минского моторного завода (Белоруссия), ЧТЗ (Россия). Опыт фирмы «Perkins» (Великобритания) показал, что применение камер сгорания с зауженной горловиной приводит к снижению дымности газов в 1,33 раза, максимальная температура цикла понижается на 360 °С.

Концепция достижения уровней норм ЕВРО-стандартов поэтапно, представленная фирмой AVL (Австрия), предполагает уменьшение поддигольного пространства в распылителях закрытых форсунок, поднятие поэтапно давления впрыска до 1000...1400 бар, сдвиг момента начала впрыска к ВМТ и функциональной связи его с частотой вращения коленчатого вала и нагрузкой, температурой цикла, в сочетании с объемно-пленочным, пленочным смесеобразованием и применением сажевых фильтров и каталитических нейтрализаторов отработавших газов. В 1998 году фирма «Citroen» инвестировала в разработку нового дизеля с непосредственным впрыском топлива HDI три миллиарда франков (HDI-High Pressure Direct Injection). Топливная экономичность турбодизеля с $V_h = 2$ л при $N_e = 110$ л.с., $n = 4000$ мин⁻¹ улучшена на 20 %, вредные выбросы снижены на одну треть.

Фирма «Mersedes-Benz» уже выпускала такие дизели с 1997 года.

При этом повышение топливной экономичности и снижение токсичности дизелей происходит за счет влияния на характеристики тепловыделения.

Стратегия развития рабочих процессов не связывается с вихрекамерным и предкамерным смесеобразованием, несмотря на то, что дизели с вихревыми камерами выбрасывают максимально до 2,6 г/м³ NO_x .

Их сравнительно невысокая топливная экономичность, плохие пусковые качества не позволяют считать их альтернативными в будущем.

В некоторых работах указывается, что в связи с дальнейшим ужесточением норм ЕВРО-4 по выбросам NO_x до 3,50 г/(кВт·ч), учитывая ограниченные возможности повышения качества топлива, при форсировании предполагается установка форсунок в центре и на периферии камер сгорания с различными углами шатра между факелами топлива.

Перспективы решения проблемы и развития связываются и с совершенствованием систем газотурбинного наддува (ГТН) с охлаждением наддувочного воздуха (ОНВ). По этому пути идут фирмы «Комацу» (Япония), «Камминс», «Катерпиллер», «Аллис Чалмерс» (США), MTU (ФРГ) и другие.

Охлаждение наддувочного воздуха является эффективным и дешевым способом повышения мощности, снижения теплонапряженности, сокращения выбросов NO_x с отработавшими газами при повышении эффективного КПД на 2...4 %. Фирмой «Кам-

минс» (США) сделано заключение о том, что прирост η_e составляет: с применением компаундной турбины – 7 %, при увеличении энергии распыливания топлива – 2 %, при повышении КПД ТКР – 5 %, введением ТЗП – 3 %, использованием преобразователей импульсов перед ТКР – 2 %. Не исключается применение сочетаний мероприятий с типами смесеобразования.

Проведенный анализ отечественных и зарубежных разработок, опубликованных в печати, посвященных анализу путем снижения вредных выбросов дизелей, говорит о том, что путь применения альтернативных топлив в основном связан с решением задач развития топливной базы. При этом не всегда совпадают ожидаемые результаты испытаний на топливную экономичность и токсичность отработавших газов. В ряде случаев для обеспечения работы двигателей на альтернативных топливах необходимы конструкторские доработки не только систем топливоподачи, но и самих дизелей. И в этом проявляется проблема.

При добавлении дорогостоящих присадок в топливо встает вопрос об их экономном расходе на тех режимах, когда их добавление необходимо.

Создание дополнительных не универсальных систем топливоподачи также является проблемой.

Снижению вредных выбросов с отработавшими газами дизелей путем нейтрализации на выпуске посвящены работы Б.А. Адамовича, С.В. Белова и Л.Л. Морозова, И.Л. Варшавского и Р.В. Малова, В.Я. Груданова, Г.С. Лугина, О.И. Жегалина и Н.А. Китроского, Ю.С. Медведева, А.А. Мельберт, А.Л. Новоселова и А.А. Жуйковой, М.О. Османова, В.И. Смайлиса и др.

Проблема заключается в том, что для осуществления нейтрализации отработавших газов в качестве катализаторов используют редковалентные и благородные металлы. Решение вопроса их полного или частичного замещения дешевыми и доступными катализаторами представляет собой важнейшую народнохозяйственную задачу.

Существующий в мире опыт не касается таких замещений в материалах, полученных технологиями самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС).

Из сказанного выше следует, что решение вышеуказанной проблемы является актуальным как с практической, так и с теоретической точек зрения.

В литературе, посвященной эффектив-

ности очистки отработавших газов (ОГ), приводятся данные о степени снижения выбросов отдельных компонентов после каталитической очистки. В основном, это степени очистки от оксидов азота δ_{NOx} , углеводородов $\delta_{C_xH_y}$, оксида углерода δ_{CO} и твердых частиц $\delta_{TЧ}$, выраженные в процентах.

Вопросам каталитической (КН) и термокаталитической нейтрализации (ТКН) отработавших газов посвящены работы И.Л. Варшавского, Л.А. Золотаревского, Р.В. Малова, В.Т. Григорьяна, О.И. Жегалина, И.Л. Кагановича, А.М. Сайкина, В.А. Звонова, Р.М. Поповиченко, С.С. Филатова, А.А. Мельберт, А.Л. Новоселова и др.

В каталитических (КН) и термокаталитических (ТКН) нейтрализаторах используют высокоактивные катализаторы, содержащие платину, палладий, никель, хром, медь, окислы металлов и редкоземельные элементы. В качестве катализаторов применяют и природные материалы, например, дуниты, цеолиты и другие. В зависимости от состава катализаторов наблюдается и различная их реакционная способность.

Каталитические нейтрализаторы с платиновыми катализаторами, например, П-7 обеспечивают снижение выбросов окислов азота на 56 %, с алюмоплатиновыми – на 30 %, а с меднохромовыми – на 80 %, с катализатором ШПАК – в 3 раза. Есть данные о том, что ряд катализаторов практически не влияет на уровни выбросов оксидов азота. В то же время отмечается увеличение скоростей восстановления оксидов азота в присутствии аммиака, что повышает эффективность КН до 80 %.

В присутствии платиновых и палладиевых катализаторов обеспечивается снижение содержания СО в ОГ на 50...80 % в зависимости от теплового состояния реакционной камеры. Снижение содержания C_xH_y при этом происходит на 20...100 %, а при использовании меднохромовых катализаторов – на 80 %. В настоящее время появился ряд гранулированных катализаторов без драгоценных металлов.

При использовании всех названных выше катализаторов содержание сажи в ОГ снижается примерно в 1,1...2 раза, в зависимости от конструкции реактора и типа катализатора. Отмечается снижение уровня запаха ОГ при использовании всех типов катализаторов, снижение выбросов альдегидов с ОГ в 3...10 раз.

Правильно сконструированные КН создают противодействия не выше создаваемых

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ ДИЗЕЛЕЙ И ИХ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ

глушителями. Так, по ТУ ПО «Ярославский моторный завод» противодействие для авто-тракторных дизелей должно быть не выше $15 \cdot 10^{-2}$ МПа, а нейтрализаторы создают противодействия, судя по рекламным сообщениям фирм, не превышающие $(3...4) \cdot 10^{-2}$ МПа.

Относительные значения эффективности и стоимости методов каталитической нейтрализации ОГ дизелей по сравнению с другими инженерными методами снижения вредных выбросов показаны на схеме рисунка 1 в ценах 2007 года.

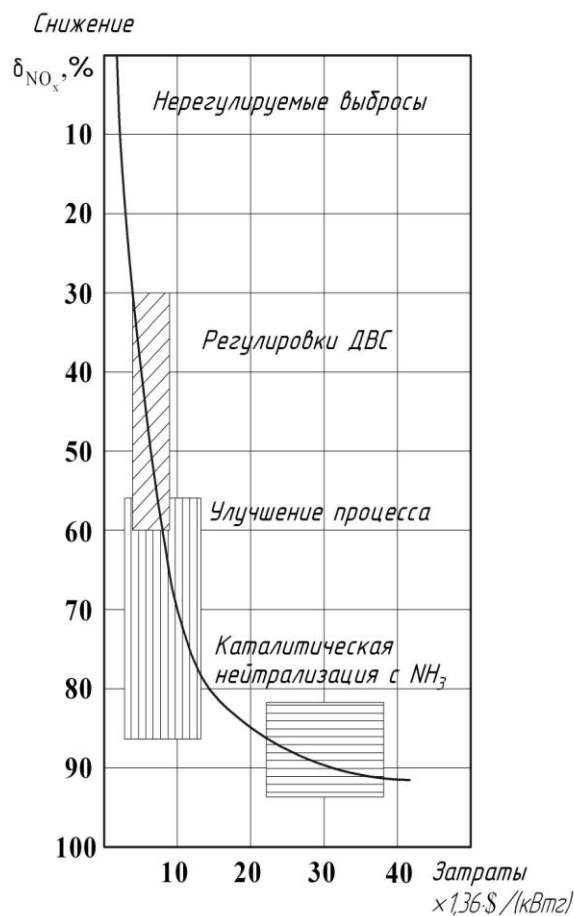


Рисунок 1 – Относительная стоимость и эффективность снижения выбросов оксидов азота дизелями в ценах 2007 года

Из схемы видно, что, несмотря на удорожание каталитической нейтрализации, по сравнению с регулировками дизелей, практически в 4 раза, эффективность очистки ОГ возрастает примерно в 3 раза. Модификация процессов сгорания может приводить к равноценным результатам при более низкой стоимости, однако, она связана с перестройкой конструкций двигателей, производства, и, к сожалению, в большинстве случаев приво-

дит к снижению топливной экономичности. Это касается как дизелей, так и карбюраторных двигателей.

Переход к вихрекамерным и предкамерным процессам ведет к значительному снижению топливной экономичности на 15...20 % у дизелей. Переход к рециркуляции ОГ у карбюраторных двигателей приводит к снижению их мощности на 10...15 % и снижению топливной экономичности соответственно.

На рисунке 2 показано увеличение стоимости автомобиля в зависимости от эффективности инженерных методов снижения их токсичности.

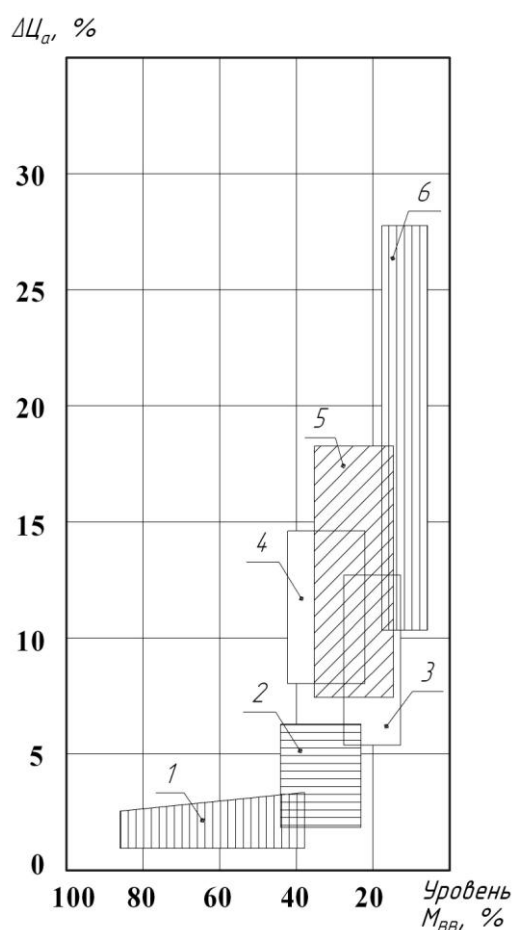


Рисунок 2 – Увеличение стоимости автомобиля в зависимости от эффективности средств снижения токсичности ОГ ДВС с искровым зажиганием

Оптимизация конструкций и регулировок 1 при самом низком уровне увеличения цен на автомобили не приводит к снижению токсичности ОГ более 40 %. Внедрение систем электроники 2 дает возможность при незначительном увеличении стоимости добиваться высоких результатов снижения выбросов, что приводит к увеличению стоимости автомоби-

ля до 12 %. Перевод на газообразное топливо дает увеличение стоимости автомобиля максимально до 15 % при снижении токсичности на 60...75 %.

Применение двухступенчатых нейтрализаторов 5 приводит к увеличению стоимости автомобилей на 7...17 % при эффективности снижения выбросов 70...85 %, а применение трехступенчатых КН 6 при эффективности снижения выбросов до 90 % приводит к увеличению стоимости автомобилей на 10...27 %. Тем не менее каталитическая очистка перспективна ввиду того, что есть возможность оснащать весь эксплуатируемый парк ДВС стандартными конструкциями КН.

На рисунке 3 показана эффективность применения каталитических нейтрализаторов окислительного типа на предкамерных дизелях «Форд». Показано, что одновременное применение предкамерного процесса и каталитической нейтрализации ОГ приводит к созданию малотоксичных дизелей.

Всеми исследователями и фирмами отмечается увеличение расходов топлива при использовании КН на 2...3 %, а при использовании ТКН – на 10...12 %. Стоимость КН соизмерима со стоимостью ДВС, а стоимость заправки катализатором достигает 20 руб./кВт. В зависимости от мощности ДВС, объем КН составляет от 650 до 1640 см³.

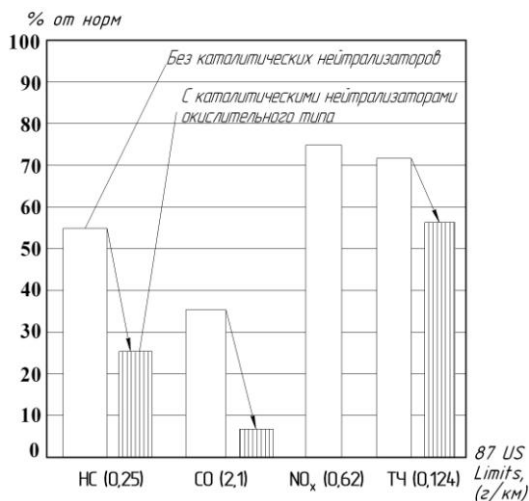


Рисунок 3 – Сравнение уровней выбросов дизелем фирмы «Форд» с предкамерой (полный объем цилиндров 1,80 л) без каталитического нейтрализатора и с нейтрализатором окислительного типа

Сложность использования КН и ТКН заключается в их осмолении, загрязнении катализаторов сажей и «отравлении» их оксидами

серы. Износ катализаторов вследствие истирания может достигать 5...7 % на 100 часов работы, а надежность очистки ОГ достигает без регенерации катализатора 2000 часов. По данным Института горного дела (г. Екатеринбург) срок эффективной работы катализаторов достигал при использовании КН на автомобилях БелАЗ-540А 170 тыс. км пробега или 4 лет эксплуатации. При организации дополнительной подачи аммиака в КН и ТКН на транспортные средства размещают специальные баллоны. Для дизеля 6Ч12/14 баллона объемом 60 л хватает на 70 часов работы.

Метод термокаталитической очистки основан на проведении реакций окисления и восстановления предварительно нагретых газов. Для подогрева газов в ТКН используют газожидкостные или электрические нагреватели. Для ТКН, работающих с псевдосжиженным слоем катализатора, характерны низкие уровни создаваемых противодавлений и более низкие энергии активации (E_a) реагирующих веществ. Этот эффект усиливается при подогреве отработавших газов. Исходя из уравнения Сванте-Аррениуса, константа скорости реакции:

$$K = A \exp(-E_a/RT),$$

где A – предэкспоненциальный множитель; E_a – энергия активации; R – универсальная газовая постоянная.

Известно, что в присутствии платинового катализатора в потоке отработавших газов при температуре $T = 500$ К энергия активации в реакциях окисления изменяется с 168 до 126 кДж/моль. Тогда изменение скорости реакции происходит:

$$\exp(\Delta E/RT) = 30000 \text{ раз.}$$

Если же идет дополнительный подогрев газов, то можно ожидать по правилу Вант-Гоффа увеличение скорости реакции в 2...4 раза при повышении температуры на каждые 10 градусов.

Катализаторы способствуют снижению температуры сгорания сажи. Так на катализаторе из пудры $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ с пропиткой $\text{KCl}\cdot\text{NH}_4\cdot\text{VO}_3$ и $\text{CuCl}_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ с последующим кальцинированием температура сгорания сажи снижена с 660 до 396°C.

Высокие скорости реакций окисления позволяют добиваться значительного снижения содержания альдегидов и других углеводородов в составе ОГ. Это связано и со значительным снижением уровня запаха ОГ. На рисунке 4 показана эффективность воздействия на уровни запаха ОГ организацией рабочих процессов и каталитической нейтрализацией.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ ДИЗЕЛЕЙ И ИХ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ

Как видно из рисунка 4, для дизелей с неразделенными камерами сгорания введение каталитической нейтрализации ОГ приводит к снижению уровня запаха вместе со снижением углеводородов РСН. Введение разделенных камер сгорания оказывается равноценным применению КН на дизелях с неразделенными камерами сгорания. Применение КН на дизелях с разделенными камерами сгорания (КС) приводит к дальнейшему снижению уровня запаха ОГ, а внедрение дополнительного отключения цилиндров приводит к тому, что уровень запаха ОГ можно оценивать как «слабый».

Применение ТКН связано с большими затратами, высокой металлоемкостью изделий, сложностью в изготовлении, увеличением расхода топлива и требованиям к высокой квалификации обслуживающего персонала.

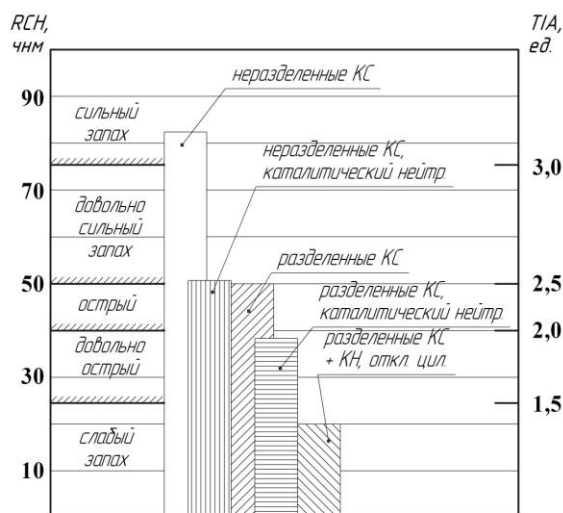


Рисунок 4 – Влияние способов снижения вредных выбросов на уровень запаха отработавших газов дизеля

В настоящее время, как правило, используются комбинированные системы снижения вредных выбросов поршневых ДВС. Причем с течением времени происходят эволюции систем, связанные, в первую очередь, с совершенствованием рабочих процессов двигателей.

В результате анализа технологий нейтрализации отработавших газов и изучения конструкций нейтрализаторов были сделаны следующие выводы:

- в целях снижения металлоемкости нейтрализаторов необходимо вести разработки по замене стальных наполняемых патронов, решеток, перегородок в реакторах

новыми материалами;

- необходимо иметь технологии, позволяющие осуществлять изготовление катализаторов с учетом особенностей мест установки КН в системе выпуска;

- необходимо иметь ресурсосберегающие, малоотходные технологии, позволяющие совмещать процессы получения носителей и катализаторов.

В последние годы появились высокоэффективные электрофильтры, например, Восточно-Украинского государственного технического университета (Луганского машиностроительного института), применяемые в серийных конструкциях нейтрализаторов для дизелей. Снижение выбросов сажи достигает 99 % при затрачиваемой мощности 60 Вт. Электрофильтры применяются на автомобилях с дизелями ЯМЗ-238, ЯМЗ-236, ЯМЗ-240 и имеют габариты 98×305×244.

Известно применение фильтров из ультратонких волокон: стекловолокон, синтетических волокон. Подобные фильтры разработаны фирмами «Крайслер» (США), «Нипонденсо» (Япония). Есть сведения о применении керамических фильтров. Отмечается их высокая эффективность по удержанию твердых частиц и указывается на быстрое осмоление фильтров при длительной работе дизелей на малых нагрузках и холостом ходу. Фильтрацией отработавших газов можно снизить дымность в 3...4 раза, если фильтры изготовлены из $2\text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{SiO}_2$ с размерами пор до 15 мкм. Они способны удержать за 100 км пробега автомобиля с дизелем мощностью 139 кВт до 2,5 литров сажи.

Частицы сажи размером 0,05...1,00 мкм уловить традиционными фильтрами не удастся, поэтому рекомендуется применять керамические блочные фильтры. Применение таких фильтров фирмой «Фольксваген» и фирмой «Мерседес-Бенц» (ФРГ) привело к улавливанию до 40 % сажи.

Дожигание в коллекторах является известным способом снижения выбросов окиси углерода карбюраторными двигателями и дизелями. Но этот способ снижения вредных выбросов касается только продуктов неполного сгорания. Кроме этого, есть данные о том, что при снижении выбросов СО на 65...70 % наблюдается увеличение выбросов окислов азота на 12 %. Дожигание в коллекторах нельзя назвать перспективным и по той причине, что для организации горения продуктов неполного сгорания возникает необходимость подачи воздуха и топлива в продукты сгорания, оснащения системы свечами

накаливания, сигнализацией исправности и автоматикой управления подачей топлива.

Из перечисленных выше инженерных решений проблемы снижения выбросов с ОГ ДВС наибольшее распространение в настоящее время нашли электрофильтры и керамические фильтры. Внимание к последним объясняется возможностью их периодической очистки промывкой, что удлиняет срок их службы и эксплуатации. Есть данные о том, что керамические фильтры можно эксплуатировать до 11 тыс. часов.

И, тем не менее, перспектива остается за применением каталитической очистки отработавших газов.

Анализируя данные об эффективности каталитической очистки отработавших газов на различных катализаторах, невозможно прийти к однозначным выводам по следующим причинам:

1) в литературе в большинстве случаев не указываются условия испытаний по параметрам окружающей среды; неизвестными остаются такие параметры как температура T_0 , давление P_0 , влажность W_0 и скорость движения среды;

2) отсутствует информация о составе и происхождении газа, подлежащего очистке; не указывается, проведены испытания на натуральной смеси газов от источника выбросов или же на искусственной смеси отдельных компонентов;

3) в большинстве случаев непонятно, испытания проведены на образце устройства или на его макете;

4) многими авторами опущены данные о тепловом состоянии катализатора;

5) материалы, применяемые в качестве каталитических элементов, не характеризуются по физико-химическим свойствам, а лишь перечисляются химические элементы, входящие в них.

Поэтому одной из задач наших исследований было выделено создание комплекса, обеспечивающего идентичность условий сравнения каталитических материалов и приближение условий испытаний к реально существующим в практике их использования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аллилуев, В. А. Топливо-экономические и экологические показатели ДВС / В.А. Аллилуев, Ю.Н. Сидыгаков, А.С. Скуридин // Тракторы и с/х машины. – 2005. – № 1. – С. 14-16.

2. Гатаулин, Н. А. Исследования возможности снижения выбросов вредных веществ с отработавшими газами на базе двигателя КамАЗ размерности 120×130 мм / Н.А. Гатаулин, Р.Х. Гафизов, Н.М. Исхаков // Акт. вопр. созд. топливопод. систем дизелей: мат. н.-т. конф. – Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2002. – С. 34-36.

3. Иващенко, Н. А. Дизельные топливные системы с электронным управлением: учеб.-практ. пособие / Н.А. Иващенко, В.А. Вагнер, Л.В. Грехов. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ им. И.И. Ползунова, 2000. – 111 с.

4. Медведев, Ю. С. Новый взгляд на проектирование каталитических нейтрализаторов / Ю.С. Медведев // Двигателестроение. – 2004. – № 2. – С. 23-24.

5. Мельберт, А. А. Каталитические нейтрализаторы с отключаемыми ступенями очистки / А.А. Мельберт. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ им. И.И. Ползунова, 2003. – 8 с.: Дан. в ВИНТИ 15.07.2003, № 1391 – В 2003.

6. Новоселов, А. Л. Закоксовывание пористых проницаемых СВС-каталитических блоков нейтрализаторов / А.Л. Новоселов, А.А. Мельберт, А.А. Жуйкова // Вестник КГТУ. Серия Транспорт. – Вып. 40. – 2006. – С. 62-66.

7. Новоселов, А. Л. Тенденции развития конструкций фильтров для очистки отработавших газов дизелей от твердых частиц / А.Л. Новоселов, А.Г. Кашкаров, А.А. Мельберт // Повышение экологической безопасности автотракторной техники: сб. статей; под ред. д.т.н., профессора, академика А.Л. Новоселова / Академия транспорта РФ, АлтГТУ им. И.И. Ползунова. – Барнаул, 2001. – С. 16-19.

8. Русаков, В. Ю. Моделирование образования вредных веществ в цилиндре дизеля / В.Ю. Русаков, В.А. Вагнер, А.Л. Новоселов // Математическое моделирование и исследование процессов в ДВС. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ им. И.И. Ползунова, 1997. – С. 84-99.

9. Kandyas, I. P. Simulation of continuously regenerating diesel particulate filters in transient driving cycles / I.P. Kandyas, G.C. Koltsacüs // Proc. Inst. Krishnan Ravi. SCR: California cleaning // Mod. Power Syst. – 2002. – Aug. – P. 49.