

УДК 621.434

ДОЖИГАНИЕ ТОКСИЧНЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ ДВС

© 2002 М. М. Русаков, В. Н. Гордеев, В. Н. Пелипенко, О. А. Ахрёмочкин, Д. А. Павлов

Тольяттинский государственный университет

В качестве альтернативы каталитическим нейтрализаторам рассмотрены различные устройства и способы воспламенения и организации догорания токсичных составляющих в отработавших газах ДВС. Экспериментальные исследования проведены на лабораторном стенде с двигателем ВАЗ-1111 «Ока». Показана эффективность введения в отработавшие газы дополнительного воздуха и (или) кислорода.

В перспективе предусматривается дальнейшее снижение токсичности автомобильных двигателей. Для бензиновых ДВС это означает уменьшение эмиссии NO_x , CO , CH и, особенно, канцерогенов. Повышение экологичности ДВС достигается как совершенствованием процесса сгорания в цилиндре двигателя, так и применением каталитических нейтрализаторов. Проблемы применения нейтрализаторов в условиях России хорошо известны, поэтому весьма актуально исследование альтернативных способов, в частности, термического дожигания или выжигания (огневого окисления) токсичных составляющих отработавших газов (ОГ).

Отработавшие газы ДВС являются сильно забалластированной газовой смесью. Содержание азота превышает 80 %, а суммарное содержание N_2 , CO_2 и паров H_2O – 98 %. Основной горючей составляющей является CO – до 1,5 % по объёму. Содержание CH – до 200...1000 ppm, а канцерогенов – до 5...25 ppm. Температура воспламенения CO в смеси с воздухом составляет 610...658 °С, углеводородов – 430...530 °С. Температура ОГ на выходе из цилиндра, по литературным данным, при различных оборотах двигателя составляет:

n , об/мин	1000	3900	5600	6000
t , °С	612	729	797	800

По мере уменьшения токсичных составляющих дальнейшее снижение их концентрации вызывает всё большие трудности. Результаты исследований [1], проведённых со

смесями, забалластированными азотом, показывают, что зависимости задержек воспламенения стехиометрических и богатых пропановоздушных смесей от степени балластирования имеют сложный характер. Вначале до определённой степени балластирования, которая зависит от начальной температуры смеси, задержки воспламенения увеличиваются; при дальнейшем увеличении степени балластирования задержки сокращаются и с определённого момента начинают снова увеличиваться. С повышением начальной температуры смеси влияние балластирования снижается. Таким образом, проблема дожигания забалластированных смесей имеет два аспекта: необходимо обеспечить воспламенение (зажигание) смеси и поддержать (стабилизировать) возникшее горение. Причем выгорание токсичных составляющих должно происходить с достаточной скоростью, а тепловыделения превышать теплоотвод в выпускной системе двигателя.

Авторами проанализированы возможности использования для дожигания ОГ следующих способов и устройств: резонансное (вибрационное) горение, вихревой трансформатор (эффект Ранка), газодинамическое воспламенение, нагретые тела (стержни, пластины и т. п.), использование добавок активных веществ (H_2 , O_2 , O_3 , ионы, радикалы), плазменные реакторы, сверхадиабатическое горение и другие.

Вибрационное горение [2] интенсифицирует окисление, повышает полноту сгорания. Однако организация вибрационного горения в выхлопном тракте может отрицательно воздействовать на процесс горения в цилиндре двигателя. По этой же причине непри-

емлем и газодинамический воспламенитель [3]. Плазменные реакторы сложны и громоздки, требуют значительных энергетических затрат. Сверхадиабатическое горение, т. е. организация процесса горения с возвратом части тепловой энергии в зону горения, пока изучено применительно к гетерогенным системам. Интенсивные исследования сверхадиабатического горения ведутся в Институте химической физики (г. Черноголовка) под руководством Г. Б. Манелиса. В работе [4] предложено использовать тела в виде пластин или решёток, расположенные в выпускном тракте. Эти тела нагреваются при работе двигателя на повышенных оборотах (нагрузках) и воспламеняют ОГ на «холостом» ходу. Такое аккумулирование и использование тепла ОГ в какой-то мере аналогично сверхадиабатическому горению. В вихревом трансформаторе из-за перераспределения температуры по радиусу воспламенение может происходить при температуре ниже температуры воспламенения [5]. В связи с изложенным для экспериментальных исследований выбраны вихревой трансформатор, нагретые пластины, добавка дополнительного (вторичного) воздуха и добавка воздуха, обогащенного кислородом.

Экспериментальные исследования проводились на двигателе ВАЗ 1111, установленном на стенде MEZ – VSETIN MS 1713-4. В выпускном патрубке первого цилиндра разместили две термопары ТЗ8-3 на расстоянии 95 и 240 мм от головки блока цилиндров и два штуцера для отбора проб ОГ. Здесь же установили трубку подачи в район выпуск-

ного клапана воздуха или воздуха, обогащенного кислородом. Температура ОГ определялась с помощью термопар и милливольтметра М2044. Содержание CO и CH – газоанализатором YANACO EIR-2105. Обороты двигателя измерялись тахометром ТЦ-5. Регистрировались расходы дополнительного воздуха и кислорода. Перед началом опытов двигатель прогревался до рабочей температуры, затем проводилось регулирование карбюратора на исходный режим ($n = 900 \text{ мин}^{-1}$, $CO = 1,2 \dots 1,5 \%$).

Опыты с вихревым трансформатором в качестве дожигателя не дали положительных результатов. По-видимому, из-за того, что невозможно поместить его близко к выпускному клапану. В связи с этим температура ОГ на входе в дожигатель существенно снижается.

Нагретые пластины. Пакет из четырех пластин, изготовленных из стали X18H10T толщиной 0,8 мм с коническими выступами высотой 2-3 мм, размещался в выпускном патрубке (рис. 1). Выступы выполнены для турбулизации потока ОГ. По результатам опытов с пластинами не зафиксировано признаков догорания токсичных составляющих ОГ.

Результаты опытов с дополнительной подачей воздуха и кислорода представлены на рис. 2. Графики наглядно показывают снижение концентрации CO и CH в зависимости от массы подаваемого вторичного воздуха. Существенное снижение токсичных составляющих, т.е. их выгорание, наблюдается при работе двигателя на $n = 900 \text{ мин}^{-1}$. Содержание CO снижается с 1,4 % до 0,2 %,

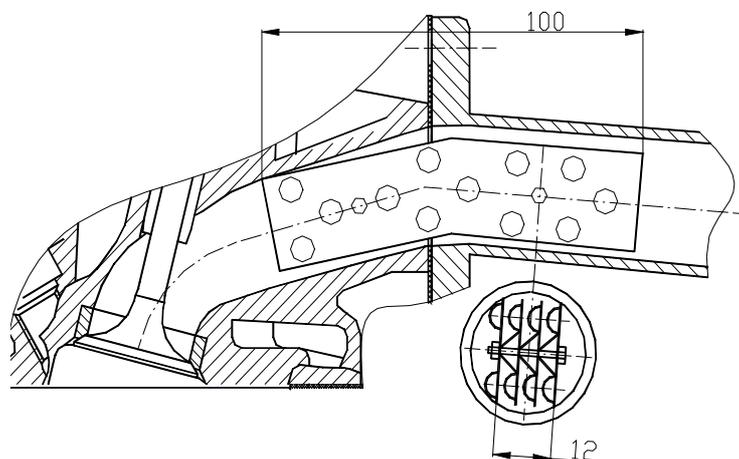


Рис. 1. Схема установки «горячих» пластин в выпускном канале

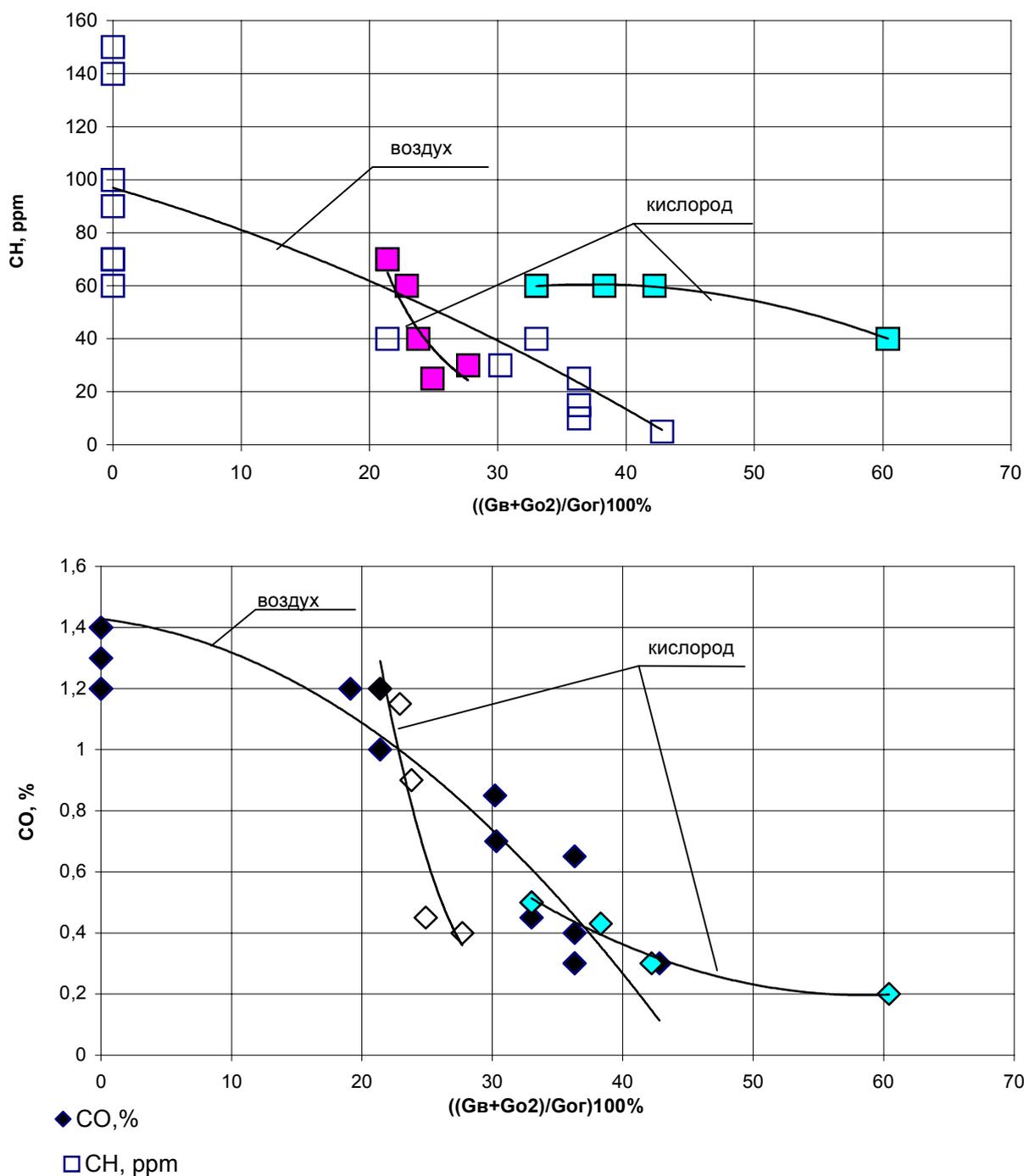


Рис. 2. Результаты опытов с подачей вторичного воздуха, обогащённого кислородом

т. е. в 7 раз при подаче вторичного воздуха в количестве 40 % от массы ОГ. При этом содержание CH снижается со 100 ppm до 10 ppm, т. е. в 5 раз. На других режимах работы двигателя снижение CO и CH менее существенно. Так, при 40 %-ной добавке вторичного воздуха содержание CO – 0,1 %, CH – 2...5% ppm.

О том, что происходит выгорание токсичных составляющих ОГ, говорит измене-

ние температуры ОГ в зависимости от величины процента добавки вторичного воздуха. Во время проведения опытов при добавке вторичного воздуха температура ОГ растет или сохраняется постоянной. Если бы не было догорания, температура ОГ снижалась бы за счет добавки холодного воздуха.

При подаче вторично воздуха, обогащенного кислородом, где масса вторичного воздуха составляет 21,4 % от массы ОГ, за-

фиксировано заметное снижение CO и CH . При этом наблюдается возрастание температуры ОГ на $120^\circ C$. Этот факт свидетельствует об интенсивном выгорании токсичных составляющих.

Список литературы

1. Кноре В. Г., Махов В. З., Славинкас С. С. Некоторые особенности воспламенения газоздушных смесей при поджатии. /Сб. Улучшение показателей работы автомобильных и тракторных двигателей. М., 1990. С. 51-58.
2. Подымов В. Н., Северянин В. С., Щелоков Я. М. Прикладные исследования вибрационного горения. Казань: Издательство КГУ, 1978.
3. Иванов И. Э., Крюков И. А. Численное исследование нестационарных течений в газодинамическом воспламенителе. // Вторая международная конференция по неравновесным процессам в соплах и трубах. Россия, С.-Петербург, 22 – 28 июня 1998 г.
4. Муми Д. Ж. У., Фаш Дж. В., Ирби М. Р. Зажигание высокоскоростных газовых струй нагретыми цилиндрическими стержнями. // Вопросы горения. Сборник переводов статей. Т. 2. М., 1953. С. 2.
5. Пиралишвили Ш. А., Новиков Н. Н., Латышев А. В. Воспламенение ацетилена в вихревом трансформаторе. В кн.: Вихревой эффект и его промышленное применение. Материалы III Всесоюзной научно-технической конференции. Куйбышев, 1981. С. 132.

AFTERBURNING OF TOXIC COMPONENTS OF EIC BURNT GASES

© 2002 M. M. Russakov, V. N. Gordeyev, V. N. Pelipenko, O. A. Akhryomochkin, D. A. Pavlov

Togliatti State University

Various devices and methods of ignition and afterburning of toxic components contained in EIC burnt gases are considered as an alternative to catalytic neutralizers. Experimental investigations have been carried out on the laboratory stand with the VAZ-1111 "Oka" engine. Efficiency of introducing additional air and (or) oxygen into the burnt gases is shown.