



## Контроль токсичности или диагностика неисправностей?

*Тема газоанализаторов для нашего журнала уже не нова — в одном из предыдущих номеров («АБС-авто», июль 1998 г.) был сделан обзор существующих на нашем рынке моделей, их характеристик и некоторых особенностей применения. Последнее на наш взгляд представляет наибольший интерес. Об этом, собственно, и пойдет сегодня речь.*

**Александр ХРУЛЕВ**, кандидат технических наук

До сих пор на многих СТО газоанализатор рассматривают как некий второстепенный прибор, с помощью которого можно проконтролировать токсичность выхлопных газов и как-нибудь ее уменьшить, (и то — если об этом просит заказчик, обеспокоенный возможной проверкой своего автомобиля на посту экологического контроля). Однако специалистам хорошо известно, что без газоанализатора, как правило, не удастся надежно установить истинную причину неисправности двигателя или его систем (топливоподачи и зажигания). Да и после устранения обнаруженной неисправности без контроля состава выхлопных газов тоже не обойтись. Поэтому вопрос, нужен ли газоанализатор на СТО, мягко

говоря, некорректен. Гораздо более важно, как максимально эффективно использовать этот прибор и каким он должен быть, чтобы выявить и устранить те или иные неисправности.

Работа с газоанализатором не так проста, как может показаться: поместил, мол, зонд в выхлопную трубу, прочитал показания прибора, и регулирую что-нибудь, если какой-то из компонентов выхлопных газов вышел за допустимые пределы. Во-первых, не всегда понятно, что регулировать. Во-вторых, можно ли вообще что-нибудь отрегулировать в конкретном случае? Чтобы выработать практический план действий, прежде чем браться за дело, желательно сначала представить, что же происхо-

дит в двигателе, из-за чего состав выхлопных газов становится «неправильным», выходящим за регламентированные инструкциями пределы.

### **Немного теории.**

К сожалению, без теории здесь не обойтись. Поэтому вспомним: основное влияние на состав выхлопных газов оказывает качество топливозоудушной смеси, поступающей в цилиндры двигателя. Качество смеси характеризуется коэффициентом избытка воздуха, обозначаемым обычно «лямбда» ( $\lambda$ ). Строго говоря,  $\lambda$  — это отношение реального количества воздуха в смеси к теоретическому, тому, что соответствует полному сгоранию топлива. В идеальном случае  $\lambda$  равна 1, и это значит, что смесь

состоит примерно из 15 частей воздуха и 1 части углеводородного топлива, которое в этом случае сгорает полностью с образованием только двух компонентов — углекислого газа ( $\text{CO}_2$ ) и водяного пара ( $\text{H}_2\text{O}$ ). Понятно, что при полном сгорании бензина концентрация  $\text{CO}_2$  будет максимальна. Если смесь обогатить, т.е. увеличить содержание в ней топлива ( $\lambda$  будет меньше единицы), то при ее воспламенении из-за недостатка кислорода образуются продукты неполного сгорания бензина — оксид углерода  $\text{CO}$  и несгоревшие углеводороды  $\text{CH}$  (в иностранной литературе их принято обозначать  $\text{HC}$ ). Обеднение смеси ( $\lambda$  больше единицы) сначала приводит к снижению концентрации  $\text{CO}$  и  $\text{CH}$  в выхлопных газах, и при

$\lambda=1,1$  их количество становится минимальным. Дальнейшее обеднение смеси, несмотря на избыток кислорода, ухудшает сгорание топлива, возникают пропуски воспламенения, двигатель начинает работать неустойчиво. И, как следствие этого, в выхлопе увеличивается доля продуктов неполного сгорания, в первую очередь —  $\text{CH}$ .

На практике идеального сгорания не бывает, поскольку небольшая часть топлива оседает на стенках камеры сгорания, да и по объему камеры смесь однородно не перемешивается. Это значит, что в выхлопных газах всегда присутствуют  $\text{CO}$  и  $\text{CH}$  в некоторых концентрациях.

Понятно, что качество смеси влияет не только на состав выхлопа, но и на основные характеристики двигателя — мощность и экономичность. Так, максимальную мощность обеспечивает богатая топливом смесь ( $\lambda$  примерно 0,9), а наибольшую экономичность — бедная ( $\lambda$  около 1,1). В этих пределах значений  $\lambda$  регулируют подачу топлива в двигатель в зависимости от режимов его работы — частоты вращения и нагрузки.

Проследим обратную цепочку: если система управления двигателем «сбоит» либо возникли неисправности в механической части — это снижает мощность и ухудшает экономичность, значит, изменяет состав топливной смеси, что в свою очередь приводит к изменению состава выхлопных газов, причем обычно, — в сторону увеличения вредных выбросов.

Все вышесказанное нашло отражение в конкретных числовых значениях компонентов для разных типов двигателей. Так, для нормально работающего двигателя без нейтрализатора значение  $\lambda$  оказывается в интервале оптимума 0,9-1,1, а концентрации компонентов выхлопа должны лежать в следующих пределах:  $\text{CO}=0,5-1,5\%$ ;  $\text{CH}=50-400$  ppm;  $\text{CO}_2 =$

13-14,5%;  $\text{O}_2=0,2-2,5\%$ ; (где ppm — миллионные доли объема, связанные с процентным содержанием приближенной зависимостью  $10000$  ppm = 1%).

У автомобилей с каталитическим нейтрализатором состав выхлопных газов будет совсем иным, поскольку нейтрализаторы обеспечивают доокисление (дожигание)  $\text{CO}$  и  $\text{CH}$  в  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ . Для этого система управления должна подавать бедную топливную смесь ( $\lambda$  больше единицы), чтобы перед нейтрализатором в ней был определенный избыток кислорода, необходимый для реакции доокисления.

Интересно, что нейтрализаторы, предназначенные для уменьшения выбросов только  $\text{CO}$  и  $\text{CH}$ , применялись до начала 90-х годов, пока не было установлено, что образующиеся при сгорании топлива окислы азота (обычно их обозначают  $\text{NO}_x$ ) не менее опасны.

Откуда берутся окислы  $\text{NO}_x$ ? Дело в том, что в камере сгорания двигателя при очень высоких температурах начинает окисляться азот, содержащийся в воздухе. Неприятная особенность азотных окислов в том, что обезвредить их дожиганием в нейтрализаторе невозможно. Единственный выход — расщепить окислы до исходных веществ — азота и кислорода, но это возможно только на богатых смесях. Тем не менее, оба процесса — дожигание продуктов  $\text{CO}$  и  $\text{CH}$  и расщепление окислов азота — можно совместить в одном каталитическом нейтрализаторе, если поддерживать значение  $\lambda$  близким к единице.

Именно на этом принципе построены современные нейтрализаторы, получившие название «трехкомпонентных». Система управления двигателем автомобиля, оборудованного трехкомпонентным нейтрализатором, имеет специальный кислородный датчик, с помощью которого состав топливной смеси строго поддер-

живается в пределах значительного  $\lambda$  между 0,97 и 1,03. Тогда концентрация продуктов выхлопа становится следующей:  $\text{CO} = 0,05-0,25\%$ ;  $\text{CH} = 5-50$  ppm;  $\text{CO}_2=14,5-15,5\%$ ;  $\text{O}_2=1,0-2,0\%$ .

Как видим, эти цифры заметно отличаются от аналогичных значений, приведенных выше. Более того, в автомобилях с нейтрализаторами при возникновении различных неисправностей двигателя состав выхлопа меняется уже не так сильно — нейтрализатор нередко гасит их влияние. Но об этом речь впереди.

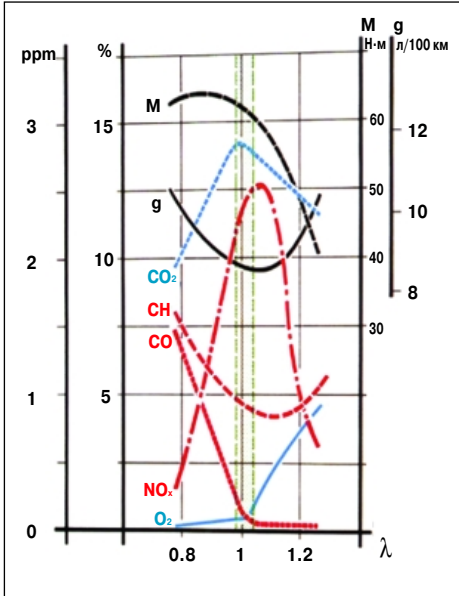
### А что на практике?

Для нашего эксперимента были выбраны два автомобиля — старенький ВАЗ-«Жигули» 11-ой модели и «Мазда-626» со впрыском топлива и трехкомпонентным нейтрализатором. Выбор не случаен, поскольку отражает тенденцию отечественного авторынка: все еще обширный парк классических карбюраторных «Жигулей» и день ото дня увеличивающийся парк современных иномарок.

Целью нашего эксперимента было, с одной стороны, определить, можно ли с помо-

### Используемый в нашем тесте четырехкомпонентный газоанализатор SUN MGA 1200 — один из лучших, которые можно купить в России.





**Качество топливной смеси сильно влияет и на состав выхлопных газов и на основные параметры двигателя (крутящий момент М, расход топлива g)**

щью газоанализатора отыскать какие-либо неисправности в двигателе (или хотя бы заметно сузить круг возможных поисков), а с другой — ответить на вопрос, какой же все-таки газоанализатор и с какими возможностями нужен на СТО.

Соответствующее оборудование любезно предоставила фирма «Гардиа» — российский дистрибьютор известного производителя диагностического оборудования марки SUN (журнал уже неоднократно рассказывал об оборудовании SUN — см. №7, 8 за 1998 г.). Таким образом, в эксперименте оказались задействованны-

ми профессиональный четырехкомпонентный газоанализатор SUN MGA 1200 с печатающим устройством и хорошо известный в России мотортестер SUN MEA 1500, которому в данном случае была отведена скорее вспомогательная роль.

Все работы проводились в диагностическом центре SUN, специалисты которого нам активно содействовали.

Мы избрали следующую методику.

Искусственным путем в двигателе и системе его управления последовательно моделировали некоторые простые, но часто встречающиеся дефекты и неисправности. После этого регистрировали состав выхлопных газов и сравнивали его с исходным, соответствующим нормальной работе двигателя. Были опробованы такие возможные ситуации.

- неисправны свеча зажигания или высоковольтный провод свечи;
- раннее зажигание;
- позднее зажигание;
- подсос воздуха во впускной коллектор;

При моделировании той или иной неисправности обороты холостого хода у обоих автомобилей восстанавливали до исходных, а у «Жигулей» — приводили к исходному еще и качество топливной смеси. Далее сравнивали состав выхлопных газов до «неисправности» и после нее. И вот что у нас получилось.

**ВАЗ 21011 «Жигули».**

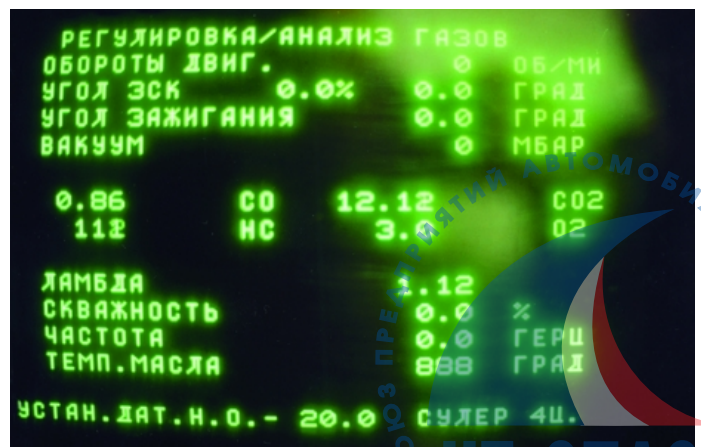
Результаты измерений состава выхлопных газов приведены в соответствующей таблице. В первую очередь отметим, что почти все вводимые неисправности вызывают увеличение выбросов углеводородов (кроме случая позднего зажигания).

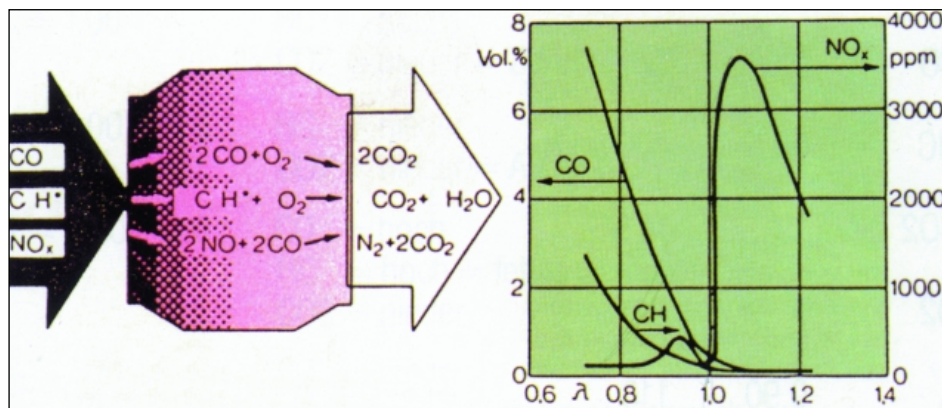
Это и не удивительно — если условия сгорания смеси в отдельных или всех цилиндрах ухудшаются, то весь состав выхлопных газов отклоняется от нормального.

Наибольшее влияние на состав выхлопа оказывает неисправность свечи зажигания — количество углеводородов СН увеличивается более чем в 6 раз. При этом выбросы CO уменьшаются (нет сгорания топлива в отключенном цилиндре, следовательно, в этом цилиндре CO не образуется). Отметим, что аналогичное влияние будет оказывать и негерметичность клапана, например, вследствие его прогара. Ну а точно установить причину можно дополнительными измерениями с помощью других диагностических средств.

Теперь проследим влияние угла опережения зажигания. На позднем зажигании при некотором росте CO заметно снизились выбросы углеводородов, потому что двигатель работает более плавно, условия сгорания топлива лучше. Обратная картина наблюдается на слишком раннем зажигании — перебои в работе двигателя приводят к значительному росту выбросов CO и СН. То, что топливо сгорает неэффективно, видно по низкому содержанию CO<sub>2</sub> и большому количеству кислорода, не вступившего в реакцию горения. Обращает на себя внимание величина λ — регулируемой удалось добиться ее значение 1,02, т.е. такого же, что и в исходном случае. Однако на показания газоанализатора здесь лучше не полагаться. Качество смеси в приборе рассчитывается по составу выхлопных газов, а если двигатель работает с перебоями, то расчет будет выполнен некорректно. Кстати, то же самое справедливо для случая неработающего ци-

**Показания газоанализатора (слева) дополнялись данными с дисплея мотортестера (справа): при необходимости можно было проверить установку зажигания, разрежение во впускном коллекторе и другие параметры**





**В трехкомпонентном нейтрализаторе одновременное уменьшение всех вредных выбросов возможно только при  $\lambda$  близкой к единице.**

линдра — расчетное значение  $\lambda$  может сильно отличаться от действительного (обычно в большую сторону). В случае подсоса воздуха во впускной коллектор топливная смесь сильно обедняется, и отрегулировать карбюратор становится трудно, часто даже просто невозможно. При этом, несмотря на снижение CO, выбросы CH заметно растут, и убрать их регулировкой уже нельзя.

Похожий эффект может дать, например, большой расход масла из-за износа деталей цилиндра-поршневой группы. Тогда количество углеводородов возрастет, а CO — почти не изменится. Разница будет наблюдаться лишь в количествах CO<sub>2</sub> и O<sub>2</sub>: именно по этому различию не составит большого труда установить истинную причину неисправности. Если же использовать двухкомпонентный газоанализатор, то характер неисправности определить практически невозможно.

**MAZDA 626**

Определить с помощью газоанализатора какую-либо неисправность на двигателе со впрыском топлива и нейтрализатором довольно сложно. Как видно из таблицы, нейтрализатор свое дело знает — дожигает CO и CH практически полностью. Исключение составляет случай неработающего цилиндра, когда при незначительном росте CO количество углеводородов выросло почти в десять раз.

По двум компонентам (CO и CH) конкретизировать неисправность здесь нельзя. Зато концентрации CO<sub>2</sub> и O<sub>2</sub> картину проясняют. Так, подсос воздуха обязательно приведет к обеднению смеси, снижению концентрации CO<sub>2</sub> и увеличению доли кислорода в выхлопных газах. Аналогичное явление будет наблюдаться и при чрезмерно раннем зажигании. Чтобы установить причину, достаточно прове-

рить угол опережения зажигания (например, стробоскопом).

Очень удобен четырехкомпонентный газоанализатор и для предварительного обнаружения других неисправностей. Так, дефект кислородного датчика (достаточно распространенный случай) в системе управления двигателем обычно приводит к обогащению смеси. Измерением же только двух компонентов (CO и CH) эту неисправность не выявить.

И еще. Газоанализаторы профессионального уровня обычно дают возможность определить так называемую коррек-

тировочную концентрацию (CO\*). Если COк больше непосредственно измеренного CO, то это, как правило, означает негерметичность в системе выхлопа. В нашем эксперименте небольшое расхождение между CO и CO\* у обоих автомобилей позволило легко обнаружить незначительные трещины в их выхлопных трубах.

Каков же из всего этого вывод?

Он достаточно прост. На практике подтверждается высказанное в наших предыдущих публикациях мнение о том, что двухкомпонентный газоанализатор для СТО неэффективен, а для современных автомобилей со впрыском топлива и вовсе бесполезен. Конечно, профессиональные газоанализаторы — приборы недешевые, но альтернативы им нет. И те, кто для себя сделал выбор, могут уже сегодня приобрести газоанализаторы SUN — одни из лучших не только в России, но и на мировом рынке. Для этого достаточно обратиться к Российскому дистрибьютору SUN — фирме «Гардиа» по тел.: (095) 918-03-21, 918-02-30, Москва, ул.Самокатная, д.2а. Здесь же можно приобрести любое другое диагностическое и гаражное оборудование марки SUN. Ну а мы выражаем специалистам фирмы «Гардиа» свою искреннюю признательность за помощь в подготовке этого материала.



**Результаты измерения состава выхлопных газов и качества смеси у автомобиля ВАЗ 21011 (n=750 об/мин)**

Параметр	CO%	CH ppm	CO <sub>2</sub> %	O <sub>2</sub> %	$\lambda$
<b>Неисправность</b>					
Рекомендуемые значения	0.5-1.5	50-400	13-14.5	0.2-2.5	0.9-1.1
Исходная регулировка	0.76	406	14.0	1.43	1.02
Не работает свеча зажигания	0.33	2541	8.7	8.49	1.38
Позднее зажигание	0.9	316	13.8	1.51	1.02
Раннее зажигание	2.59	1339	11.1	3.48	1.02
Подсос воздуха во впускной коллектор	0.23	793	11.1	5.25	1.25

**Результаты измерения состава выхлопных газов и качества смеси у автомобиля MAZDA 626 (n=750 об/мин)**

Параметр	CO%	CH ppm	CO <sub>2</sub> %	O <sub>2</sub> %	$\lambda$
<b>Неисправность</b>					
Рекомендуемые значения	0.05-0.25	5-50	14.5-15.5	1.0-2.0	0.97-1.03
Исходная регулировка	0.16	38	14.3	2.3	1.05
Не работает свеча зажигания	0.24	359	11.7	7.7	1.39
Позднее зажигание	0.17	31	14.7	2.1	1.03
Раннее зажигание	0.16	32	11.3	8.3	1.51
Подсос воздуха					