

ДИАГНОСТИКА

Газоанализаторы

СЕРГЕЙ ГАЗЕТИН, технический эксперт компании «АмЕвро»
СЕРГЕЙ САМОХИН

В сознании многих газоанализатор прочно ассоциируется с определением токсичности выхлопных газов автомобиля. Это, действительно, так. Контроль токсичности — одна из основных функций газоанализатора, но не единственная. Газоанализатор способен решать широкий круг задач по исследованию состояния двигателя и его систем. Причем, его диагностические способности столь обширны, что мы без колебаний поместили газоанализаторы в основание «диагностической пирамиды».

Бензиновый двигатель внутреннего сгорания можно рассматривать как преобразователь химической энергии топлива (бензина). Преобразователь потребляет топливо и окислитель (кислород, содержащийся в воздухе). В результате реакции быстрого окисления (горения) топлива, протекающей в камере сгорания, большая доля химической энергии преобразуется в механическую (вращение коленчатого вала). Это — факт положительный, так как в этом состоит основное предназначение двигателя. По закону подлости, при этом возникают, по крайней мере, два неприятных момента.

Во-первых, часть выделившейся тепловой энергии рассеивается в элементах конструкции двигателя. Ее приходится удалять, используя систему охлаждения. Во-вторых, в результате горения образуются побочные химические продукты. Часть из них является нейтральными в отношении воздействия на окружающую среду (углекислый газ CO₂, кислород O₂, пары воды H₂O), часть — исключительно вредными (углеводороды HC, оксид углерода CO, оксиды азота NO_x).

Не то, чтобы нас не волнует проблема окружающей среды, но в данный момент состав побочных продуктов реакции будет нам интересен прежде всего как диагностический параметр. Почему он таковым является?

Эффективность работы двигателя в первую очередь определяется полнотой сгорания топлива. Она зависит от многих факторов:

- от оптимального соотношения горючего и

окислителя (за это отвечают системы измерения расхода воздуха и дозирования топлива);

- от их тщательного перемешивания (на это влияет состояние форсунок, конструкция впускного коллектора и камеры сгорания);

- от эффективности предварительного сжатия топливного заряда, определяющегося состоянием ЦПГ и ГРМ;

- от эффективности воспламенения, что подразумевает исправность всех элементов системы зажигания и оптимальный УОЗ.

Любое отклонение от нормы или несогласованность в работе перечисленных систем двигателя приводит к снижению его эффективности и, как следствие, к изменению концентрации побочных продуктов сгорания. Конструктивные недочеты, эксплуатационные отклонения параметров, нарушение регулировок — все это, так или иначе, отражается на составе «выхлопа». Таким образом, состав отработавших газов является обобщенным параметром, своего рода «пробирным камнем», с помощью которого делается вывод об эффективности двигателя, безошибочности и слаженности работы всего комплекса, его основных систем: механической, топливоподдачи и зажигания.

Из истории «анализов»

Газоанализ начали применять для исследования процессов в двигателях задолго до того, как был принят первый закон, предусматривавший контроль токсичности выхлопа автомобилей.

Кстати, принят он был в конце 60-х в Америке. Так что американцы — застрельщики в борьбе за экологически чистый транспорт.

Первые образцы газоанализаторов, применявшиеся для регулировки двигателей, из всего «букета» побочных продуктов сгорания измеряли только концентрацию CO (то есть были однокомпонентными приборами). Ее анализ позволял судить о соотношении топливо-воздушной смеси, а значит, мог помочь в настройке карбюратора. В «первобытных» газоанализаторах использовался



Измерительный блок американской фирмы Andros, несмотря на небольшие размеры, содержит все необходимое для определения концентрации пяти компонентов выхлопа: спектрометрический узел и два электрохимических датчика с платой питания. Размеры миниатюрные, а стоимость, как у большого!

Такому газоанализатору место — на ПИКе. Возможности — безграничны, комплектация — дальше некуда. Рассчитан на долговременную безотказную работу. Стоит соответственно.

эффект изменения электропроводности платиновой спирали в среде оксида углерода.

К 70-м годам, когда остро встал вопрос контроля вредных выбросов автотранспорта, уровень развития техники позволил создать более качественные, двухкомпонентные приборы. Они измеряли дополнительно концентрацию еще одного вредоносного компонента — НС (несгоревших частиц углеводородов, входящих в состав топлива). Кстати, содержание углеводородов (также и оксидов азота) определяется не в процентах, как всех прочих газообразных компонентов, а в PPM — количестве частиц на миллион. Помимо этого, использовался иной, более точный метод определения концентрации — спектрометрирование выхлопных газов в ИК-диапазоне. Этот же принцип применяется и в современных газоанализаторах.

Дальнейшее совершенствование газоанализаторов определялось как постоянно ужесточавшимся контролем токсичности, так и повышением требований к прибору как диагностическому инструменту. Иначе как объяснить появление трехкомпонентных газоанализаторов, дополнительно позволявших измерять концентрацию диоксида углерода CO₂, безопасного газа без цвета и запаха, натурального продукта сгорания углеводородов? Информация о нем ничего не дает, с точки зрения определения вредности выбросов в атмосферу. Зато ценна для диагноста, поскольку позволяет косвенно судить о полноте сгорания топ-

лива даже в случае, если двигатель оборудован нейтрализатором выхлопных газов.

Кстати, оборудование выхлопной системы автомобилей каталитическим нейтрализатором дало немалый импульс развитию приборов газоанализа. Двухкомпонентные газоанализаторы, как диагностические приборы, в этих условиях оказались малоэффективными. Они не давали доста-



точного количества объективной информации о работе двигателя, так как каталитические нейтрализаторы активно уменьшали именно концентрацию измеряемых ими продуктов сгорания — СО и НС.

При покупке газоанализатора имейте это в виду. Как бы ни были привлекательны, с ценовой точки зрения, двухкомпонентные газоанализаторы, при диагностике современных двигателей, оборудованных катализатором, они имеют ограниченное применение. Чтобы дать возможность диагностам какое-то время использовать двухкомпонентные приборы для анализа, ранее некоторые модели автомобилей снабжались специальным патрубком для отбора проб газов до катализатора. С появлением четырех- и пятикомпонентных газоанализаторов необходимость в этом отпала.

Современные четырехкомпонентные газоанализаторы измеряют концентрацию СО, НС, CO₂ и O₂. Замеры содержания первых трех компонентов выполняются упоминавшимся спектрометрическим методом. Концентрация кислорода определяется при помощи электрохимического датчика. Так же определяется содержание в выхлопе

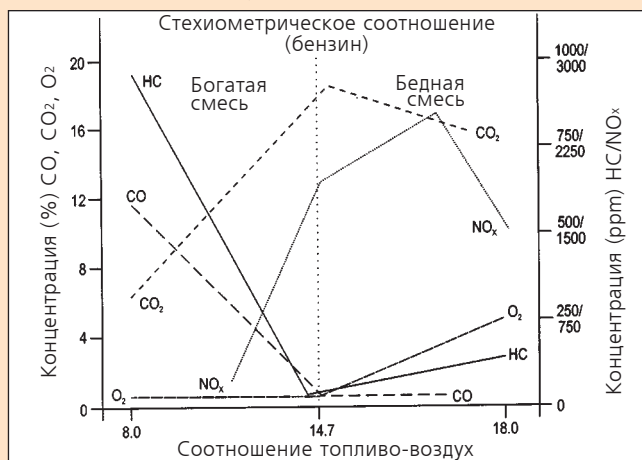


Похоже, что за такими миниатюрными приборами будущее. Они дают возможность исследовать двигатель в любых условиях. Диву даешься, как американской фирме OTC удалось в килограммовом приборе «уместить» полнофункциональный 5-компонентный газоанализатор.

Топливовоздушные секреты

Для наиболее полного сгорания топлива, определяющего эффективность функционирования двигателя, необходимо обеспечить ряд условий. Главное из них — оптимальное соотношение топлива и воздуха.

Для каждого типа топлива, применяемого в двигателе внутреннего сгорания, существует такое соотношение. Точку оптимума называют стехиометрическим соотношением. Например, обычный бензин сгорает наиболее эффективно, если в смеси на каждый его грамм приходится 14,7 граммов воздуха. Значит, стехиометрическое соотношение для бензина — 14,7.



Для нас сейчас важно, что любые отклонения от оптимума (независимо от того, чем они вызваны) сопровождаются однозначным изменением концентрации продуктов сгорания. Значит, измеряя их содержание, можно судить о качестве топливо-воздушной смеси.

Зависимость концентрации продуктов сгорания бензина от качества топливо-воздушной смеси.

оксидов азота NO_x в более сложных, пятикомпонентных приборах.

Преимущество приборов этого уровня заключается в том, что они позволяют расчетным путем определить исходный состав топливной смеси даже для двигателей, выхлопная система которых оборудована катализатором. Помимо этого, они предоставляют диагносту несколько дополнительных параметров, совокупный анализ которых позволяет глубже понять характер процессов, происходящих в двигателе.

Имея это в виду, газоанализаторы с успехом используют в составе диагностических комплексов совместно с мотортестером.

Что такое «хорошо»?

Газоанализатор — это очень тонкий физический прибор. Его качество определяется не столько формой, сколько содержанием, то есть точностью и надежностью его основных компонентов. Среди них, в первую очередь, можно отметить спектрометрический блок.

Конструктивно и технологически это устройство настолько специфично, что его производство на должном, с точки зрения качества, уровне освоено лишь несколькими компаниями, имена которых хорошо известны специалистам. Среди них можно упомянуть американские фирмы Sensors и Andros, обеспечивающие до 80% потребности в данной продукции.

Сами они выпуском газоанализаторов не занимаются, снабжая производителей лишь качественными комплектующими устройствами. Помимо американцев, спектрометрические блоки производят: японская фирма Horiba, немецкая — Beckmann и ряд менее известных компаний.

Такое разделение труда себя оправдывает. Во всяком случае, предпринимавшиеся рядом фирм попытки самим наладить производство спектрометрических блоков к хорошим результатам не приводили. Эти устройства, как правило, страдали большими погрешностями измерений, нестабильностью результатов, низкой надежностью.

Таким образом, большинство газоанализаторов — приборы-интернационалисты. В том смысле, что внутри газоанализатора, собранного в России, Корею или Италию, можно обнаружить основные блоки, произведенные в других частях света. Стремясь удешевить конечный продукт, многие фирмы используют комплектующие менее известных компаний, качество которых несколько хуже. Вывод прост: приобретая газоанализатор, необходимо интересоваться у продавца происхождением его основных блоков. Мировая известность их производителя — гарантия хорошего качества прибора в целом. При этом можно

Это традиционная версия 5-компонентного прибора итальянской фирмы Protech. Микропроцессорная обработка данных позволяет вычислять состав топливной смеси, коэффициент λ , значение $SO_{корр}$. Имеется встроенный принтер.



Газоанализ «в принципе»

Разобраться в принципе работы газоанализатора и его составных частях полезно. Особенно для лучшего понимания того, чем отличаются очень хорошие газоанализаторы от приборов типа «так себе».

Принцип действия газоанализатора основан на эффекте частичного поглощения энергии светового потока, проходящего через газ. Причем, величина поглощения света определенной длины волны пропорциональна концентрации газа. Таким образом, если через газ с меняющейся концентрацией пропускать стабильный световой поток и фиксировать изменение его интенсивности, по результатам измерений можно судить о концентрации.

При определении концентрации смеси газов (а отработавшие газы двигателя — именно смесь) используется еще одно физическое свойство газов. У газа с постоянной концентрацией поглощение зависит от длины волны проходящего через него светового потока. Причем в диапазоне определенных длин волн, называемых «абсорбционные максимумы», поглощательная способность газа резко увеличивается. Пики поглощения различных газов соответствуют разным длинам волн. Поэтому определить концентрацию каждого из газов смеси можно, анализируя изменение интенсивности светового потока с длиной волны, соответствующей «абсорбционному максимуму» интересующего нас газа.

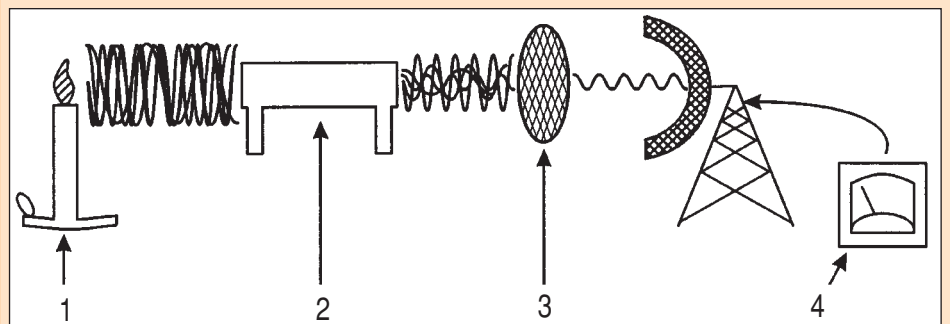
«Сердце» газоанализатора — спектрометрический блок. Через кювету насосом прокачиваются предварительно отфильтрованные выхлопные газы. Кювета имеет форму трубки, торцы которой закрыты оптическим стеклом.

С одной стороны трубки расположен излучатель. Обычно он представляет собой электрическую спираль, температура нагрева которой строго стабилизируется. Этим обеспечивается стабильность широкодиапазонного инфракрасного светового потока.

С другой стороны — ИК-детектор светового потока, измеряющий его интенсивность. Перед детектором расположены светофильтры. Светофильтры выделяют из прошедшего кювету светового потока те длины волн, которые соответствуют максимумам поглощения исследуемых газов.

Спектрометрический блок измеряет концентрацию трех составляющих выхлопа: CO, HC и CO₂. Для определения концентрации кислорода и оксидов азота выходящий из кюветы газ направляется в электрохимические датчики. Они вырабатывают электрический сигнал, напряжение которого пропорционально концентрации этих газов.

Схема спектрометрического блока газоанализатора. 1 — источник ИК-излучения; 2 — кювета с исследуемым газом; 3 — светофильтр; 4 — детектор ИК-излучения.



не сомневаться, что диапазон измерения и точность будут на должном уровне.

Важность точности, стабильности и надежности измерительного блока газоанализатора очевидна. Не меньшее значение имеют конструктивные особенности и качество системы принудительного отбора и фильтрации газов. Лучше, если она будет двухконтурной. В этом случае насос одновременно используется и для прокачки отфильтрованного и осушенного газа, и для автоматического удаления конденсата из фильтра.

Фильтр прибора одновременно используется и для удержания механических частиц, и для отделения влаги, содержащихся в выхлопе. Он должен быть максимально надежным и лучше многоступенчатым. Попадание в кювету спектрометрического блока частиц или влаги не только вносит погрешности, но способно вывести из строя самый надежный блок.

Не последнюю роль играет производительность насоса. Она определяет время реакции прибора на изменение состава отработавших газов. Они подаются от пробоотборного зонда в измерительный блок по протяженному шлангу с небольшим проходным сечением. Желательно, чтобы время реакции не превышало 10 сек.

Многие узлы прибора термостабилизируются, их температура поддерживается с высокой точностью. Удобнее, если время прогрева газоанализатора до рабочей температуры составляет не более 10-15 минут.

На удобство в эксплуатации влияет и характер питания прибора. Комбинированное (сетевое и от 12-вольтового аккумулятора) питание позволяет более гибко использовать газоанализатор. В частности, если габариты газоанализатора невелики, можно выполнять замеры состава газов при движении автомобиля.

Вообще, миниатюризация диагностических приборов, в частности, газоанализаторов, — одна из главных современных тенденций приборостроения. Это не дань моде. Цель миниатюризации — максимально приспособить приборы к проведению исследований «на ходу», попытка

перевести диагностику в «боевую» обстановку реальных режимов работы двигателя.

Если говорить о газоанализе, такой подход, во-первых, позволяет измерять токсичность выхлопа в движении, что уже сейчас требуют стандарты ряда штатов в США. Во-вторых, расшифровка записи изменения состава отработавших газов при различных режимах движения дает богатейшую,

Не моем, так...газоанализатором!

- Если двигатель не запускается, убедитесь в том, что концентрация HC в выхлопной трубе равна или выше 2000 ppm. Иной результат означает, что в двигатель не поступает топливо.
- При поиске мест утечек топлива обследуйте пробоотборным зондом газоанализатора подозрительные места. Скачок концентрации HC укажет источник течи.
- Если двигатель перегревается, поднесите зонд газоанализатора к открытому расширительному бачку системы охлаждения. Наличие в парах HC или CO свидетельствует о повреждении прокладки ГБЦ.
- Если при замере оказалось, что CO выше 0,5%, а сигнал датчика кислорода не превышает 0,5 В, то скорее всего, датчик неисправен.

5-компонентный газоанализатор фирмы OTC не имеет устройств индикации. Он предназначен для совместного использования с PC. Прилагающийся «софт» дает колоссальные возможности обработки и представления результатов измерений.



качественно иную информацию для анализа. Она помогает прояснить такие тонкости рабочих процессов, которые недоступны при испытаниях в боксе в безагрозных режимах.

Помимо этого, весьма полезными «примочками» будут: дополнительные датчики, позволяющие измерять частоту вращения двигателя и температуру масла, встроенный принтер для распечатки результатов измерений и стандартный порт для связи газоанализатора с компьютером. Последнее делает возможным компьютерную обработку замеров и создание базы данных. Хорошему прибору не повредит наглядная индикация, простое и удобное управление режимами, автоматизация некоторых режимов: прогрева, установки «нуля», удаления конденсата, перехода в режим «stand by».

Еще раз подчеркнем, что под хорошим газоанализатором для диагностики современных двигателей мы подразумеваем, как минимум, четырехкомпонентный прибор с функцией расчета состава смеси.

Внутри 5-компонентного корейского прибора — измерительный блок фирмы Sensors. Это свидетельствует о его хорошем уровне, что подтверждается небольшим временем прогрева (менее 6 мин.) и реакции (менее 10 сек.). Встроенный принтер и интерфейс RS-232 для компьютера — тоже плюсы.



Что на рынке

Отечественный рынок газоанализаторов обширен. На нем представлена продукция различной степени совершенства, разных производителей в широком ценовом диапазоне. В общем, есть из чего выбрать.

Тем, кто занимается организацией государственного или альтернативных пунктов инструментального контроля, адресуются наиболее совершенные и дорогие модели. Они представляют собой стойку, в которой смонтирован высококачественный многокомпонентный газоанализатор, процессор для компьютерной обработки

измерений, включающей экспертную оценку работоспособности систем двигателя, монитор и принтер.

Надежность и ресурс таких приборов позволяют в течение десятка лет ежедневно работать в непрерывном режиме. За это придется заплатить от 6 тысяч долларов и выше.

Для оснащения участков диагностики можно использовать газоанализаторы классом ниже. Стоят они меньше. Наиболее дешевы приборы отечественного производства. Большинство из них изготавливается по общей схеме, с использованием импортных комплектующих, чем в большей степени и определяется конечная цена газо-



Многие отечественные газоанализаторы, как и этот 4-компонентный прибор фирмы Авеста, также собираются на базе импортных комплектующих. Поэтому при меньшей цене уступают импортным аналогам, в основном в списке сервисных «примочек».

анализатора. Неплохие отечественные четырехкомпонентные газоанализаторы стоят от 1,5 тысяч долларов.

Любителям импортной продукции предлагают приборы из Америки, Италии, Германии, Чехии, Кореи. Четырехкомпонентный прибор хорошего уровня можно приобрести по цене примерно от 3 тысяч долларов. Качество сборки, зависящее от страны-производителя, конечно, имеет значение, но не забывайте «зреть в корень», то есть на происхождение измерительного блока и степень оснащенности прибора, о чем мы уже упоминали.

У нас все еще широко распространены двухкомпонентные газоанализаторы как отечественного, так и импортного производства. Причина — большой парк отечественных автомобилей, не оборудованных катализаторами. Такие газоанализаторы существенно дешевле, но на звание полноценных диагностических приборов даже при обслуживании российских машин претендовать не могут по причине скудности получаемой для анализа информации.

