

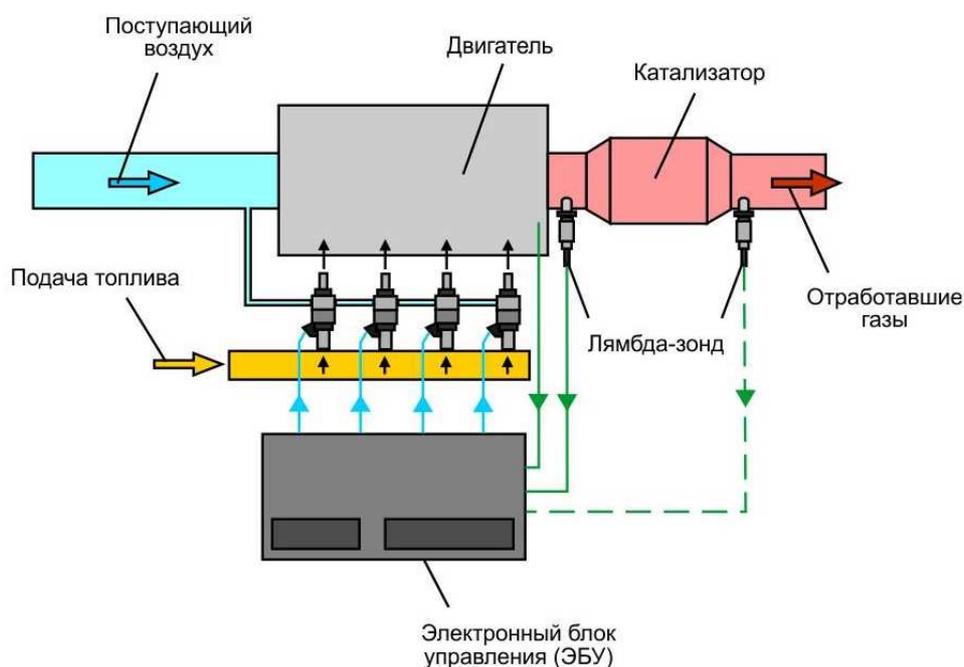
УДК 623.34

## ДАТЧИКИ КОНЦЕНТРАЦИИ КИСЛОРОДА: УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ

**Н. БЕЛАНОВИЧ, Е. ЛИННИК**  
(Представлено: **В. В. КОСТРИЦКИЙ**)

В статье рассмотрены датчики концентрации кислорода, которые устанавливаются в автомобилях с бензиновым двигателем для контроля состава смеси в выпускном коллекторе до каталитического нейтрализатора. Описаны конструкции и разъяснён принцип работы узкополосных циркониевых и титановых датчиков концентрации кислорода, а также широкополосных датчиков концентрации кислорода.

С целью контроля за коэффициентом  $\lambda$  при работе ДВС автомобиля в его выхлопной системе устанавливается специальный датчик, который называется  $\lambda$ -зонд (или кислородный датчик) (рисунок 1).



**Рисунок 1. – Схема установки  $\lambda$ -зонда в выхлопной системе автомобиля**

В современных автомобилях устанавливается несколько таких  $\lambda$ -зондов: один перед каталитическим нейтрализатором, а второй за ним. Второй  $\lambda$ -зонд, установленный за каталитическим нейтрализатором, контролирует эффективность его работы. Второй зонд также участвует в точной подстройке состава топливовоздушной смеси, компенсируя погрешность первого зонда, которую необходимо учитывать по мере его старения [1].

Первый же  $\lambda$ -зонд перед каталитическим нейтрализатором, является основным. Именно по сигналу от этого датчика электронный блок отслеживает количество кислорода в выхлопных газах и производит коррекцию топливовоздушной смеси, приближая её к идеальному стехиометрическому значению.

На автомобилях, предшествующих экологическим классам ЕВРО 5 (примерно до 2005 года), устанавливались  $\lambda$ -датчики релейного (прыжкового) типа. Такие датчики также имеют название узкополосные, так как позволяют лишь в узком диапазоне (показывают, что смесь либо «богата», либо «бедная», но не насколько именно) определять значение коэффициента  $\lambda$ .

Данные узкополосные  $\lambda$ -зонды релейного (прыжкового) типа, в зависимости от основы их активного рабочего элемента, бывают двух типов: циркониевые и титановые.

Циркониевый  $\lambda$ -зонд действует по принципу гальванического элемента. Рабочий элемент в виде керамики из диоксида циркония ( $ZrO_2$ ) выступает в роли твёрдого электролита (ячейка Нернста). Кера-

мический наконечник с диоксидом циркония с обеих сторон покрыт защитными экранами из токопроводящих пористых платиновых электродов. Свойства твёрдого электролита рабочего элемента, пропускающего ионы кислорода, начинают проявляться лишь при его нагреве до температуры выше 350С. В связи с этим, пока  $\lambda$ -зонд не прогрет до температур активации его работы, он не работает и  $\lambda$ -регулирование длительности впрыска топлива не производится. В этот момент длительность впрыска контролируется по специальным программным картам, заложенным в памяти ЭБУ ДВС. По этим же программным картам начинает корректироваться впрыск и в случае выхода из строя  $\lambda$ -зонда (если его неисправность выявлена ЭБУ). С целью быстрого прогрева  $\lambda$ -зонда в его корпус встраивается нагревательный элемент с керамическим изолятором.

Отработавшие газы из ДВС поступают к наружной части наконечника через специальные прорези в защитном кожухе. Атмосферный воздух попадает внутрь датчика через отверстие в его корпусе или пористую водонепроницаемую уплотнительную крышку (манжету) проводов. За счёт передвижения ионов кислорода по электролиту между наружным и внутренним платиновыми электродами возникает разница потенциалов и генерируется напряжение (потенциал Нернста).

Напряжение, образующееся на электродах  $\lambda$ -зонда, обратно пропорционально количеству кислорода в отработавших газах. В зависимости от наличия или отсутствия кислорода в отработавших газах узкополосные циркониевые  $\lambda$ -зонды генерируют либо низкий (до 0,05 В), либо высокий (до 0,95 В) потенциал.

В других режимах узкополосный циркониевый  $\lambda$ -зонд работать не может. Именно поэтому он и получил название релейный датчик скачкового типа – сигнал напряжения с него в момент переключения режима скачет с низкого (0,05 В) на высокий (до 0,95 В) и при обратном переключении наоборот с высокого (до 0,95 В) на низкий (0,05 В). Таким образом, циркониевый узкополосный  $\lambda$ -зонд не может точно определить количество кислорода в отработавших газах. Он показывает либо, что топливовоздушная смесь «богатая», либо что «бедная», но на сколько именно определить не может.

Другой разновидностью узкополосного  $\lambda$ -зонда релейного (прыжкового) типа является кислородный датчик на основе диоксида титана. Основное отличие титанового  $\lambda$ -зонда от циркониевого заключается в том, что рабочий элемент датчика выполнен на основе пленок из диоксида титана ( $TiO_2$ ), нанесенных на изолирующую подложку.

В электрическую схему блока управления титановый  $\lambda$ -зонд включается как переменное сопротивление резистивного делителя. Принцип действия датчика прост и основан на свойстве диоксида титана при высоких температурах (от 200 °С, оптимальный режим – около 700 °С) изменять свое электрическое сопротивление в зависимости от парциального давления кислорода (то есть, от концентрации этого газа). Причем это изменение происходит скачкообразно: при обогащении топливной смеси (снижении концентрации кислорода) сопротивление составляет 1–10 кОм; при обеднении топливной смеси (повышении концентрации кислорода) сопротивление скачкообразно повышается на два порядка – до 1–10 МОм.

Датчик подключается к ЭБУ двигателя через измерительный мост, где выполняет функции одного из четырех резисторов. Сопротивления резисторов подобраны таким образом, что при  $\lambda = 1$  мост находится в балансе и сигнал на его выходе соответствует некоторой величине, которая условно принята за "ноль".

При уменьшении концентрации кислорода сопротивление датчика резко падает и на выходе моста появляется напряжение 4–5 В. При увеличении концентрации кислорода сопротивление датчика резко возрастает и на выходе моста появляется напряжение около 0,2–0,4 В. Данные выходные напряжения поступают на ЭБУ, который вносит коррективы в работу системы впрыска топлива [2].

Узкополосные  $\lambda$ -датчики релейного (прыжкового) типа в связи с узким диапазоном их работы не могут обеспечить необходимой точности и скорости коррекции топливовоздушной смеси, чтобы отработавшие газы ДВС автомобиля полностью соответствовали требованиям экологических классов ЕВРО 5 и выше.

В связи с этим на смену узкополосных  $\lambda$ -зондов пришли более совершенные широкополосные  $\lambda$ -зонды. Внешний вид широкополосного  $\lambda$ -зонда практически не отличается от узкополосного, за исключением лишь количества проводов.

Основное отличие широкополосного датчика от узкополосного находится внутри его конструкции (рисунок 2).

Измерительная ячейка (ячейка Нернста) широкополосного зонда такая же, как и у релейного узкополосного, изготовлена из диоксида циркония. Она генерирует напряжение, сравнивая состав отработавших газов в измерительной камере с эталонным воздухом. Помимо измерительной ячейки у широкополосного зонда имеется ячейка накачки. При протекании через нее электрического тока происходит перенос кислорода между измерительной камерой и отработавшим газом.

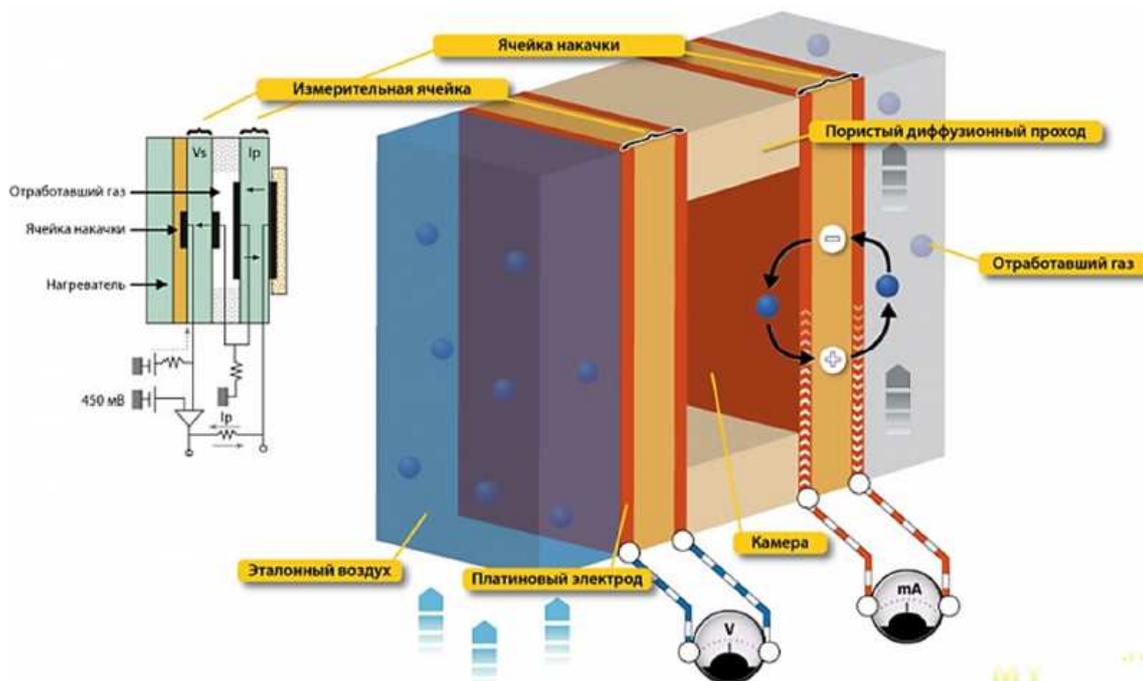


Рисунок 2. – Упрощённая схема внутренней конструкции широкополосного  $\lambda$ -зонда

В зависимости от направления и силы тока, управление которым происходит на основании сигнала измерительной ячейки, меняется направление и интенсивность переноса (перекачки) кислорода или в отработавшие газы из измерительной камеры, или же наоборот из отработавших газов в измерительную камеру. Целевая функция управления – получить в измерительной камере такую концентрацию кислорода, которая соответствует стехиометрической смеси. Сигнал измерительной ячейки при этом должен быть равен 0,45 В. Таким образом, зная направление и силу тока ячейки накачки, можно достаточно точно определить степень обеднения или обогащения смеси [3].

Таким образом, в автомобилях с бензиновым двигателем для контроля состава смеси в выпускном коллекторе до каталитического нейтрализатора устанавливаются датчики концентрации кислорода разных видов. Наибольшее распространение получили узкополосные циркониевые датчики и широкополосные.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Павленко Е. А., Макаров А. М. Экспертная система как основа развития автономного диагностирования автомобильных двигателей // Контроль. Диагностика. -2009. №1.-С. 43-47.
2. Искусство корректности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.zr.ru/content/articles/14251iskusstvo\\_korrektnosti/ysclid=17vu1322qe232262557](https://www.zr.ru/content/articles/14251iskusstvo_korrektnosti/ysclid=17vu1322qe232262557) (дата обращения: 02.03.2024).
3. Техническая эксплуатация. Диагностирование и ремонт двигателей внутреннего сгорания / А.В. Александров, С.В. Алексахин, И.А. Долгов, В.А. Тармин, М.Г. Шатров. – М.: РИОР, 2020. – 448 с.