

СУПЕРТЕСТ Много электродов

Александр ШАБАНОВ, Павел КАРИН

Зачем свече зажигания несколько боковых электродов? Ведь сколько бы их ни было — два, три или четыре, — рожденный в недрах катушки высоковольтный импульс вызовет одну-единственную искру, которая «выберет» только один из боковых электродов. Так, может быть, это просто элементарная уловка маркетологов — мол, чем больше электродов, тем дороже?

Мы решили это проверить. И, завершив испытания одноэлектродных свечей зажигания (см. АР № 22, 2004), повторили тест с более дорогими свечами — многоэлектродными. А основным испытательным стендом, как и в прошлый раз, стал вазовский восьмиклапанный двигатель ВАЗ-2111 со впрыском топлива и контроллером Январь 5.1.

На самом деле, преимущество многоэлектродных свечей давно известно — это ресурс. Ведь искра возникает между центральным и боковым электродом в том искровом зазоре, электрическое сопротивление которого в данный момент меньше, чем других. А поскольку сопротивление каждый раз изменяется, то искра «грызет» электроды поочередно. Взгляните, к примеру, на фотографию разряда свечи Bosch, сделанную при большой выдержке. За время съемки произошло около 50 разрядов, искры от которых равномерно распределились между всеми тремя боковыми электродами. Это, кстати, говорит о том, что все три зазора здесь примерно одинаковы. Но даже если это не так и искра бьет только в один электрод, то со временем она его «сгрызет» — и перекинется на соседний, тем самым продлевая срок службы свечи.

Правда, многоэлектродные свечи дороже обычных. И поэтому автопроизводители применяют их только в тех двигателях, где за цену можно не постоять. Например, в моторе редакционного седана BMW 320i, который эксплуатировался у нас в 1998—2002 годах, стояли четырехэлектродные свечи NGK, которые без проблем отслужили положенные 100000 км.

Но в ходе короткого теста ресурс свечей мы, к сожалению, проверить не в состоянии. Зато мы можем узнать, насколько изменяется мощность, экономичность и токсичность выхлопа у вазовского мотора при работе с разными свечами. А то, что замена свечей влияет на работу двигателя, это факт — в ходе предыдущего теста одноэлектродных свечей разница в мощности достигала почти 6%!

На этот раз комплектов свечей — всего семь. Это чешские свечи Brisk Extra и Brisk Premium, немецкие Bosch и Finwhale, французские Veru, японские NGK и свечи Champion, сделанные в Евросоюзе. Отечественных многоэлектродных свечей мы не нашли.

Первым делом все свечи отправились в барокамеру — для проверки на бесперебойность искрообразования под давлением. Из-за того, что барокамера заполнена не топливовоздушной смесью (взрывоопасно!), а воздухом, и напряжение, подводимое к свече, понижено со штатных 22 до 17 киловольт (имитация экстремальных условий), эти испытания — лишь дополнительный тест. Однако проведя его, мы сможем не только сравнить разные свечи в одинаковых условиях, но и отметить влияние «дополнительных» электродов. А оно есть!

Например, если одноэлектродная свеча Bosch WR7DC дает пропуски искры при давлении воздуха в барокамере в 8,1 атм, то ее трехэлектродный «собрат» Bosch W7DTC продержался вплоть до 10,0 атм. Аналогичная картина и с другими комплектами — свеча NGK BUR6ET с тремя «массовыми» электродами стабильно искрит при давлении воздуха до 10,4 атм, а одноэлектродная свеча NGK BPR6E сдается уже при 8,9 атм. О чем это говорит? О том, что дополнительные «массовые» электроды увеличивают надежность искрообразования. Это подтвердилось и при замерах давления полного прекращения искрообразования. Лучший результат трехэлектродных свечей (Brisk Extra, 12,5 атм) чуть превосходит результат лидера среди одноэлектродных комплектов (Brisk LR15YC, 12,0 атм). У других свечей разница заметней — например, трехэлектродные свечи Bosch теряют работоспособность при давлении воздуха в барокамере в 11 атм, а одноэлектродные — уже при 8,4 атм.

Надежность искрообразования зависит не только от количества, но и от расположения боковых электродов. Взгляните на фотографию свечи Brisk Premium LOR15LGS. Ее «массовые» электроды расположены настолько далеко от центрального, что давления воздуха даже в 5,5 атм достаточно для полного исчезновения искры. По испытаниям в барокамере эти свечи проигрывают даже штатным одноэлектродным свечам ЭЗ А17ДВРМ! Слишком велико сопротивление зазора — и пониженным напряжением в 17 кВ его не «пробить». Но, конечно, условия, которые мы имитируем в барокамере — это крайность. Такое бывает, например, у автомобиля со слабой батареей в дождливую погоду, когда включены фары, стеклоочистители, обогрев стекла, а влага, попавшая на высоковольтные провода, увеличивает токи утечки...

Так что главное испытание — это моторный стенд. Каждый комплект свечей мы поочередно заворачиваем в восьмиклапанный двигатель ВАЗ-2111 с распределенным впрыском (контроллер Январь 5.1 2111-1411020-61, лямбда-зонд, без нейтрализатора), соединенный с нагрузочным устройством. Нет нагрузки — двигатель работает на холостом ходу. Повышаем нагрузку — измеряем «частичные» характеристики. Полная нагрузка — номинальный режим. Фиксируем крутящий момент двигателя, частоту вращения, расход топлива и воздуха, токсичность отработавших газов. А чтобы исключить даже минимальные изменения давления, влажности и температуры в лаборатории, где установлен нагрузочный стенд, все полученные результаты приводим к стандартным условиям по методике ГОСТ 14846-81 «Двигатели автомобильные. Методы стендовых испытаний». База для сравнения — характеристики мотора при работе со штатными одноэлектродными свечами А17ДВРМ из Энгельса.

Сперва — газ в пол! На режиме полного дросселя мы замерили крутящий момент (и мощность) двигателя с каждым из комплектов свечей. Здесь, как и среди одноэлектродных свечей, отличился комплект Finwhale. С этими свечами двигатель развил на 6,3% большую мощность, чем со штатными одноэлектродными свечами ЭЗ А17ДВРМ — и на 0,4% больше, чем с одноэлектродными свечами Finwhale F510 (5,9%). Также в тройке лидеров — свечи Champion (+5,6% мощности) и Brisk Premium (+5,1%). А вот трехэлектродный Bosch выступил скромно — прирост мощности составил всего 2,6%.

Затем, сбавив обороты, мы измерили экономичность двигателя в режиме городского цикла. Интересно, что превзойти результат одноэлектродных свечей NGK (снижение расхода топлива относительно штатных свечей ЭЗ на 5,1%) не удалось ни одному из комплектов. Но в целом многоэлектродные свечи выступили



Все комплекты свечей мы поочередно заворачивали в двигатель ВАЗ-2111, установленный на динамометрическом стенде. Режимы работы двигателя задавали с дистанционного пульта управления: крутящий момент с точностью до 0,5 Нм, а частоту вращения — с точностью до 10 об/мин

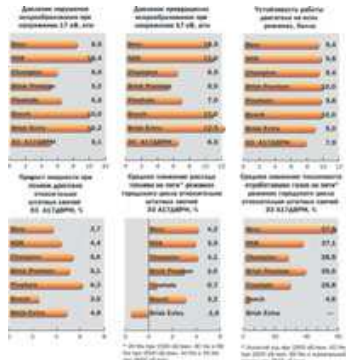


Температуру, давление и относительную влажность воздуха в лаборатории при расчетах мы приводили к стандартным значениям: $V=750$ мм рт. ст., $T=25^{\circ}\text{C}$, $\phi=36\%$



Автоматизированный

расходомер топлива позволяет определить экономичность двигателя с точностью до 0,5%. При этом расход бензина на каждом режиме работы мы замеряли трижды — и высчитывали среднее значение



стабильнее — снижение расхода топлива более чем на 3% обеспечивают четыре из семи комплектов: Beru (4,2%), Champion (4,1%), NGK (3,9%) и Bosch (3,2%). А вот чешские свечи Brisk Extra расход топлива в сравнении со штатными ЭЗ не снижают, а увеличивают — на 1,6%.

Неудача постигла свечи Brisk Extra и при замерах токсичности отработавших газов, которые мы проводили на холостом ходу, в режимах городского цикла и внешней скоростной характеристики. Эти свечи, как и одноэлектродный Bosch WR7DCX, заставили контроллер Январь 5.1 работать в режиме постоянной коррекции времени впрыска топлива, переобогащая смесь. Как результат — «неуд» по экологии. В чем причина — неужели тоже пропуск вспышек?

А лидируют по снижению токсичности четырехэлектродные свечи Beru. За ними — Brisk Premium и NGK.

Как водится, результаты всех испытаний мы перевели в баллы и просуммировали их с учетом весовых коэффициентов. В группе лидеров итоговые баллы легли очень «плотно» — как и при тестах именитых шин. В принципе, мы смело рекомендуем все свечи, кроме аутсайдеров Brisk Extra LR15TC. Кстати, если сравнивать с результатами теста одноэлектродных свечей, то лучшие из них (это NGK) смогли бы занять в общем зачете только четвертое место. А это означает, что «дополнительные» электроды влияют не только на ресурс, но и на такие характеристики двигателя, как мощность, экономичность и токсичность.

Кстати, самых выдающихся результатов многоэлектродные свечи достигли в снижении токсичности: если Euquiet, лидер среди одноэлектродных комплектов, показал 40-процентное снижение содержания CO и CH в выхлопе, то Beru Ultra-X — уже почти 60%! Это говорит о том, что «многоэлектродность» и связанная с этим надежность искрообразования особенно ярко проявляют себя на режимах частичных нагрузок (на которых, в основном, мы и проверяли показатели токсичности). Но ждать от многоэлектродных свечей каких-либо чудес не стоит.

Однако процессы воспламенения горючей смеси от искры до сих пор хранят немало тайн даже для серьезных исследователей — и, само собой, привлекают внимание изобретателей и инженеров-самородков. А что, если распилить боковой электрод пополам? Или приварить к свече конус — и назвать получившееся чудо «плазменным генератором»?

Подобные свечи имеются на прилавках в изобилии. Мы встретили немало оригинальных конструкций — свечи «с форкамерой», с распиленным или просверленным боковым электродом. Попалась даже свеча зажигания с центральным электродом-осьминогом — искрит, как горелка газовой плиты!

Все эти свечи мы тоже испытали. И получили весьма любопытные результаты. Но об этом — в следующий раз...

Результаты испытаний. Многоэлектродные свечи зажигания*

	Влияние на общую оценку	Beru Ultra-X 79	NGK BUR6ET	Champion N9BYC4	Brisk Premium LOR15LGS	Finwhale FX510	Bosch W7DTC	Brisk LR15TC	ЭЗ A17ДВРМ
Испытания в барокамере	10%								
Давление нарушения искрообразования	4%	8,1	9,9	5,8	5,1	6,3	9,5	9,7	5,0
Давление прекращения искрообразования	6%	8,6	8,9	5,7	5,0	6,1	8,9	10,0	5,7
Стендовые моторные испытания	90%								
Мощность	30%	8,0	8,5	9,4	9,1	10,0	7,1	8,8	5,0
Экономичность	24%	9,3	9,1	9,3	8,4	6,7	8,5	5,0	6,2
Токсичность	18%	10,0	8,1	7,8	8,1	7,8	5,6	—	5,2
Устойчивость работы	18%	9,4	9,8	9,4	10,0	9,8	10,0	9,0	7,9
Общая оценка	100%	9,0	8,9	8,7	8,5	8,4	7,9	6,5	5,9

*Для сравнения в таблицу включены результаты штатных одноэлектродных свечей ЭЗ A17ДВРМ



Beru Ultra-X 79
Франция*
Цена: 600 рублей**
Оценка: 9,0



Главная особенность четырехэлектродных свечей Beru — парно разные искровые зазоры. Два боковых электрода расположены в 0,8 мм от центрального, а другие два — в 1,2 мм, но приближены к изолятору. Видимо, это сделано для получения полуповерхностного разряда в том случае, если изолятор загрязнен отложениями.

Свечи демонстрируют отличные результаты и в барокамере, и на моторном стенде. Мощность двигателя на внешней скоростной характеристике увеличивается не намного (на 3,7% относительно штатных

одноэлектродных свечей ЭЗ), зато по снижению расхода топлива и токсичности свечи Vege — в лидерах.



NGK BUR6ET

Япония*

Цена: 540 рублей**

Оценка: 8,9



Трехэлектродные свечи NGK аккуратно сделаны и отлично работают. Они немного уступают свечам Vege по расходу топлива (3,9% против 4,2%) и токсичности, но превосходят их по остальным параметрам. Двигатель с японскими свечами работает очень устойчиво, а при полностью открытой дроссельной заслонке развивает на 4,4% большую мощность, чем со штатными свечами ЭЗ.



Champion N9BYC4

Европейский Союз*

Цена: 440 рублей**

Оценка: 8,7



Трехэлектродные свечи Champion выступили успешней своих одноэлектродных «собратьев». Прежде всего — из-за лучшего снижения расхода топлива, высокой устойчивости работы и увеличения мощности на внешней скоростной характеристике (на 5,6% относительно свечей ЭЗ). Но в барокамере улучшения минимальны — трехэлектродные «чемпионы» превосходят только Brisk Premium и штатные одноэлектродные свечи ЭЗ.



Brisk Premium LOR15LGS

Чехия*

Цена: 700 рублей**

Оценка: 8,5



Свеча Brisk Premium отличается самым «хитрым» принципом искрообразования. Четыре боковых электрода существенно удалены от центрального и располагаются ниже — «длинная» искра скользит по изолятору. Но из-за этого страдает надежность искрообразования при пониженном напряжении — в барокамере Brisk Premium уступает даже штатным одноэлектродным свечам ЭЗ. Но двигатель работает устойчиво на всех режимах, а при полном дросселе мощность увеличивается на 5,1%.



Finwhale FX510

Германия*

Цена: 260 рублей**

Оценка: 8,4



Свечи Finwhale вновь, как и при испытании одноэлектродных комплектов, отличились лучшим приростом мощности относительно штатных свечей ЭЗ — 6,3% при полном дросселе! А вот на расход топлива при частичных нагрузках «дополнительные» электроды Финвала почти не влияют. Невысоки результаты свечей и в барокамере — видимо, сказывается увеличенный до 1,1 мм искровой зазор. Зато устойчивость работы двигателя — на высоте.



Bosch W7DTC

Германия*

Цена: 400 рублей**

Оценка: 7,9



Свечи Bosch показали отличные результаты в барокамере, но прирост мощности двигателя при полном дросселе минимален — всего 2,6% относительно одноэлектродных свечей ЭЗ. Токсичность выхлопа почти не изменилась, зато расход топлива с трехэлектродными свечами Bosch снижается на 3,2%, а двигатель работает очень устойчиво.



Brisk Extra LR15TC

Чехия*

Цена: 180 рублей**

Оценка: 6,5



Свечи Brisk — самый дешевый из испытанных нами многоэлектродных комплектов. И при этом Brisk — лучший по испытаниям в барокамере и обеспечивает двигателю дополнительные 4,8% мощности. Но расход топлива увеличился, а токсичность выхлопа резко возросла. Причина — постоянная коррекция времени впрыска топлива, которую контроллер Январь 5.1 был вынужден применять, анализируя сигналы от датчика кислорода (лямбда-зонда).

* Страна изготовления

** Цена за комплект из 4 шт.

Из искры возгорится пламя?

Каким образом конструкция свечи влияет на мощность, токсичность и экономичность работы двигателя?

Из всех факторов, определяющих эти характеристики, от свечей зажигания наиболее зависима скорость сгорания смеси. Сгорание тем эффективней, чем больше начальный очаг воспламенения (по сути, зазор) и выше температура искры. На фотографиях видно, что свечи Bosch периодически дают красную «холодную» искру (ее температура — около 3000 градусов по шкале Кельвина), а бело-синий цвет «горячей» искры, например, у свечей Veги или NGK соответствует высокой температуре в 4000 К. Суть в том, что скорость сгорания смеси зависит от квадрата температуры!

Еще один параметр — это зазор. «Мощные» лидеры, свечи Champion и Finwhale, отличаются увеличенным до 1,1 мм искровым зазором. Но у свечи Brisk Premium искровой промежуток еще больше, а по мощности они уступают свечам Finwhale и Champion. Почему? Дело в том, что искра Бриска содержит «холодные» красные оттенки, свидетельствующие о невысокой энергии, что и подтвердилось в барокамере.

Есть еще один влиятельный фактор. Взгляните на схемы распространения фронта пламени с одноэлектродной и с многоэлектродной свечой. В первом случае зарождающийся фронт ограничен поверхностью бокового электрода — его интенсивное развитие начинается лишь на выходе из межэлектродного пространства. А у многоэлектродных свечей, напротив, зазор «открыт» и развитие фронта происходит немедленно — нет гасящего влияния боковых электродов!



Принципиальные схемы развития фронта пламени для одноэлектродных (а) и многоэлектродных (б) свечей. Во втором случае из-за «открытого» искрового зазора сгорание смеси начинается интенсивней, чем в первом — фронт пламени одноэлектродной свечи теряет время на выход из межэлектродного пространства