

АВТОМОБИЛЬНАЯ СВЕЧА ЗАЖИГАНИЯ – сто лет спустя...

СВЕЧА ЗАЖИГАНИЯ - Устройство, предназначенное для поджига горючей смеси с помощью электрического разряда. По мнению многих автомобильных специалистов мало изменилась за свою историю. Но от этой важной части системы зажигания двигателя во многом зависит его работоспособность, и, как показывают последние исследования, во многом его основные характеристики. В настоящее время ведущие фирмы-производители в конкурентной борьбе за потребителя, который получил право выбора – что ему устанавливать в свои автомобили, пытаются довести конструкцию свечей по соотношению качества и себестоимости до оптимальных пределов.

Попробуем проследить эволюцию свечей зажигания за последние десятилетия.

Лет сто назад, или немного больше, один изобретатель придумал такое устройство, которое, будучи соединенным с другим, схема которого уже примерно столько же лет красуется рядом с ну очень известной немецкой фамилией, позволяло поджигать топливную смесь в строго определенные моменты времени. Надо сказать, что это изобретение появилось весьма кстати – на то время по дорогам Европы уже колесило некое сооружение типа самобеглой коляски, которой управляло как минимум двое – один следил за дорогой, второй неусыпно наблюдал, чтобы специальные запальные трубки ни в коем случае не погасли, т.е. не остыли. Именно так работало зажигание двигателей первых автомобилей.

Как ни странно, но имя того самого изобретателя практически забыто. Зато вторую, также непосредственно связанную с этим изобретением, знают все – и не удивительно, ведь именно на нее и одноименную фирму и был зарегистрирован первый в мире патент на электроискровую свечу зажигания. Надо сказать, что речь здесь идет не о плагиате, а о том, что патент есть охраняемый документ, относящийся к так называемой «промышленной собственности» и может быть получен как на автора изобретения, так и на любое иное лицо (физическое или юридическое), с согласия автора, разумеется. Кроме того, требуется условие отчисления определенных дивидендов изобретателю. Но это тонкости патентного права, широкой публике они могут быть и неизвестны, хотя их незнание может «дорого стоить», но это уже сюжет другой патентно-судебно-свечной истории, которая имела место у нас на Украине совсем недавно, ровно через сто лет после изобретения свечи зажигания.

А тогда все было замечательно – один изобретатель, изобретший магнето (именно его фамилия красуется чуть ли не в каждом магазине электротоваров рядышком со стилизованной схемой того самого магнето) вместе с уже полузабытым изобретателем свечи (для «исторической справедливости» напомним - П. Хонольд, 1902 год, Германия), начали выпускать автомобильную систему зажигания, которая мало изменилась до наших дней, а сама свеча зажигания вообще до недавнего времени практически не менялась: центральный электрод, боковой электрод, изолятор. Не менялся и принцип

работы: короткий высоковольтный импульс (от магнето или катушки зажигания), пробой, дуга - вспышка. Все!.. Бензин горит, газы толкают поршни, колеса крутятся.

Но нас интересуют не столько дела давно минувших дней, а насколько свеча зажигания является самым консервативным элементом ДВС. Такое мнение широко распространено – иное дело сам ДВС. Тут и карбюрация, и впрыск, и турбонаддув, и микропроцессоры, прочие повороты. А свечи!!! Два электрода и изолятор, чего еще надо?! И улучшать нечего.... Более того, по мнению авторитетных специалистов: «любое улучшение конструкции какого либо элемента ДВС ведет за собой... ухудшение работы всего ДВС, оптимизированного под работу того самого, несовершенного, элемента». Как говорится, тише едешь - дальше будешь! Или еще – лучшее... всегда враг хорошего!

Но попробуем все же отследить эволюцию свечи за прошедшие сто лет.

Преображение автомобильной свечи началось с... авиации. Все кто хоть как-то был связан с авиацией, знает – в авиации требуется супернадежность. Если на земле в автомобиле движок почему-то заглох и все, можно выходить и, вспоминая всех своих и чужих родственников, лезть по капот, то в полете в этом случае самолет вместе со всем содержимым вплотную приближается к земле, то есть к «летальному исходу», а тут уже не до шуток! Поэтому все ответственные приборы и элементы в авиации дублирует (про запас).

В свече первым из строя выходит боковой электрод, он сильно обгорает, увеличивая искровой зазор. Его первым и «продублировали» - на свече появились «запасные» боковые электроды (читатель сам может угадать, с трех раз, как теперь называют такие свечи).

Следующая неприятность в свече – засорение керамического изолятора нагаром и копотью. Копоть – это углерод, углерод, как известно, неплохо проводит электричество. Таким образом, свеча лишается самого главного компонента - надежного изолятора. Искрить она уже не будет, а если и будет, то «через раз», бензин соответственно будет гореть тоже «через раз», и наш ДВС с пропеллером рискует стать бесполезным куском железа, очутившимся на высоте нескольких тысяч метров, и эта груда железа тут же «грозится» упасть с уже вышеупомянутым исходом.

Поэтому керамику было решено очищать от нагара.... прямо во время полета, когда свеча работает. Открывать на лету капот, вывинчивая свечи, чистить и обратно ввинчивать, конечно, можно, но хлопотно, поэтому было решено счищать нагар самой искрой, вернее энергией искрового разряда. Так появились свечи с разрядом по поверхности керамики, или свечи с «поверхностным разрядом».

Затем наступила очередь центрального электрода. Для самоочистки изолятора свечи надо разогреть его тепловой конус градусов до 600°C и выше - нагар и копоть тогда сгорают и улечиваются. Но сильно греть нельзя, иначе свеча из электроискровой превратится в свечу накаливания и возникнет «калильное зажигание». А это уже не есть хорошо. Если на первых бензиновых ДВС, где и применялись запальные трубки, было, в общем-то, все равно чем поджигать смесь – распаленной платиновой трубкой или искровым разрядом, то на высокооборотистых ДВС надо уже точно, в определенный момент, поджигать смесь. Иначе ДВС начинает лихорадить, он идет «вразнос», что также может привести весь самолет к «летальному исходу». Сильнее всего грелись, естественно, электроды. Для уменьшения их эрозии от электрического разряда их делали из сплава

хрома с никелем. Такой сплав с успехом применяется и в электронагревательных приборах как замечательное сопротивление, естественно, тепло при работе ДВС он тоже плохо проводит, отсюда перегрев электродов и калильное зажигание.

Выход был найден до гениальности простой: **«внутри» электрода поместили теплопроводящий мостик в виде медного сердечника** (этот же принцип используется на некоторых космических спутниках, только стержень там из более легкоплавкого металла). Свечи с такими, так называемыми «биметаллическими» электродами, обладают замечательным свойством – термоэластичностью – керамика быстро прогревается и очищается от нагара, а электроды отводят излишнее тепло через медный сердечник и остаются относительно холодными.

Эти усовершенствования так повысили летные качества свечи, что она с успехом летала во многих тысячах самолетов до того времени, когда «поршни стали уходить из авиации» (50-60-е годы прошлого столетия). На какое-то время изобретательный зуд поутих, хотя появлялись патенты и разработки для улучшения работы свечи: кольцевые боковые электроды, удлиненный разряд по поверхности изолятора, боковой электрод на днище поршня, и другие..., но это больше напоминало работу одиночек, в большую серию они «не пошли». (Хотя некоторые и выпускаются, но у нас купить их сложно).

ДВС автомобилей был гораздо слабее авиадвигателей, соответственно нагрузки и требования к свечам тоже были гораздо ниже. Подавляющее количество автомобильных свечей выпускались еще в «дедовском» варианте, свечи с медным сердечником, многоэлектродные и с поверхностным разрядом производились мало, а новые изобретения чаще всего вообще оставались «на бумаге».

Иное дело сейчас, когда автомобили перестали нормально ездить, а стали «очень низко летать». Современные высокофорсированные двигатели по оборотам, степени сжатия уже стали походить на авиационные. Соответственно начался массовый выпуск тех самых свечей с уже упомянутыми авиационными «прибабасами». Сейчас таких свечей не выпускает только ленивый или очень бедный, который не может освоить эти технологии. Более того, возросшие требования к экономичности и экологичности ДВС стали причиной проведения научных исследований с целью улучшения работы автомобильной свечи, т.е. ее поджигающей способности и систем зажигания в целом. Такие работы проводились на Западе и у нас в 80-х годах прошлого столетия и в результате наметились несколько подходов:

- Свеча с тонкими электродами.
- Свеча с микрофоркамерой в зоне пробоа.
- Применение плазменного зажигания.
- Применение факельного воспламенения, или «форкамерного зажигания».

Стоит упомянуть еще об одном направлении, о поисках альтернативного топлива для бензиновых ДВС, например, перевод двигателя с бензина на газообразное топливо, достаточно эффективное как с точки зрения экономичности, так и экологии. Но эта тема выходит за рамки данной статьи, хотя и имеет прямое отношение к свечам – применение такого топлива требует более стойких материалов изолятора и электродов. Газ как топливо имеет большее октановое число и более высокую

температуру вспышки. Сейчас многие производители, в том числе и украинские, выпускают специальные свечи типа «GAZ», а раньше приходилось чаще менять свечи.

Но вернемся к нашему вопросу.

Тонкие электроды «повышали КПД» самого искрового разряда – то есть меньше тепловой энергии разряда бесполезно «уходило» в металл и соответственно, больше шло на инициацию первоначального очага пламени. Микрофоркамера же создавала небольшую «застойную зону», в которой происходил поджиг малой порции смеси, после которого весь остальной заряд в цилиндре легче воспламенялся. Последние же два подхода заслуживают отдельного разговора, и о них мы поговорим чуть позже.

Свечи с тонкими электродами уже очень хорошо известны – практически все мировые производители их выпускают, правда под разными наименованиями, но электроды таких свечей приходится делать из драгоценных и редкоземельных металлов – платины, иридия или серебра. Уж больно сильно им достается – температура увеличилась, а теплоотвод ухудшился из-за их меньшего сечения. Но нет худа без добра – стойкость таких электродов в несколько раз выше хромоникелевого, ресурс свечи возрос и к тому же сама мысль, что «на платине ездим», душу греет. Соответственно цена таких свечей в несколько раз выше, чем обычных (хотя наш «родной бензин» со свинцом и металлосодержащими добавками гробит их конкретно, и свой ресурс они не выхаживают).

О втором типе свечей с микрофоркамерой хочется поговорить более подробно. Встретить их можно нечасто, так как серийно выпускаются они только двумя японскими производителями: NGK и DENSO. Это свечи с так называемыми «V» и «U»-образными электродами, причем каждый вариант, скорее всего, запатентован. Имеются и другие патентованные варианты – с кольцевым боковым электродом, и с соосной сверловкой бокового и торца центрального электродов, с «ласточкинским хвостом». Но если «импортные» патенты внедрены и приносят прибыль, то «нашенские» (т.е. СНГ-ешные) часто пылятся, да еще их долбают не в меру ретивые коллеги (была парочка-другая разгромных статей в российской прессе на российские же разработки).

Но все эти улучшения не устраняли главных недостатков классических свечей и систем зажигания - электроды со временем обгорают, при этом зазор увеличивается, керамика засоряется токопроводящим нагаром, энергия, подводимая от катушки зажигания, стекает по шунтирующему нагару. В результате, при «ГОСТ-овском» ресурсе свечей зажигания в 30 тыс. км. пробега, эффективность их работы настолько падает уже после половины означенной величины, что все производители в один голос рекомендуют: ***«Меняйте свечи зажигания всем комплектом через каждые 15 тыс. пробега».*** (Что особенно актуально при нашем современном бензине)

Но вернемся к нашей истории. **Не все разработки пылились на полках. В 50-60 годах возникли новые системы зажигания ДВС – плазменная и форкамерная.** В плазменной системе роль свечи выполнял коаксиальный резонатор, который вырабатывал и подавал в камеру сгорания плазму, кроме того, ей необходим был специальный источник электроэнергии высокой частоты. Такие системы использовались и продолжают работать на некоторых американских и японских автомобилях. Сравнивать по мощности плазменную систему зажигания с обычной искровой, все равно, что

сравнивать газовую горелку с карманной зажигалкой. Понятно, что топливо сгорало более эффективно. Это и приводило к появлению «лишних лошадок» под капотом.

Главным препятствием широкого внедрения плазменной системы являлась достаточно высокая сложность и дороговизна электронной системы и коаксиального резонатора, к тому же установка такой системы требует серьезной переделки электрического оборудования автомобиля

С форкамерной системой история более интересная. С одной стороны, были попытки выпускать ГАЗовские двигатели с предкамерой, в которой обычной свечой сначала поджигалась обогащенная смесь, затем продукты сгорания поджигали смесь в основной камере сгорания цилиндра, где смесь была обедненной. При этом, естественно, экологические и экономические показатели намного улучшались. Но по прошествии нескольких лет производство таких ДВС прекратили. Причин тому может быть несколько – высокая сложность и дороговизна конструкции, несовершенство технологий на то время, а может просто «не нужна» оказалась такая разработка в «период плановой экономики», а экономия бензина... Да чего его экономить, когда он дешевле минералки тогда был! А экология... А кто тогда вообще «подозревал о ее существовании»?... Поэтому такие системы можно найти лишь в «правительственных лимузинах» тех лет, «в народ», то есть «в люди», в отличие от своего великого земляка, эта горьковская разработка «не пошла».

С другой стороны, **на рубеже 70-80-х резко подорожал высокооктановый Аи-92.** Тогда народные умельцы стали делать для своих автомобилей **форкамеру** (футорку) в виде стаканчика с отверстиями в доньшке. Такая форкамера ввинчивалась между двигателем и обычной свечой и позволяла “Жигулям” ездить на более дешевом А-76 без особых проблем. Естественно, как и все, что снижало доходы государства от монопольной продажи дорогого бензина, эта конструкция официально критиковалась всеми доступными средствами - тут и перегрев двигателя, и прогар поршней с клапанами и многое другое. Это, конечно, теоретически может иметь место, но все-таки форкамеры устраняли самого главного недруга нормальной работы двигателя - детонацию. Через отверстия форкамеры в основную камеру сгорания впрыскивалась с высокой скоростью горящая топливная смесь, что настолько улучшало и ускоряло горение основного заряда, что (по непроверенным слухам) карбюраторный двигатель мог работать чуть ли не на керосине!

Подобные эксперименты проводились и на Западе. В печати мелькали сообщения, что фирма Бош и другие испытывали подобные конструкции и получили хорошие результаты. **Но после внедрения впрысковых ДВС эти работы приостановили.** Было сообщено, что форкамеры не нужны, так как впрысковые ДВС и так очень экономичные и экологически чистые. И это понятно - на Западе автомобили меняют через 5-6 лет, и их парк меняется быстро. Карбюраторных ДВС там уже практически нет. Но что делать нашим автомобилистам, когда купленный Жигуль с «классической» карбюраторной системой становится «единственной на всю жизнь» любовью нашего автолюбителя, кроме того – прогресс прогрессом, а впрыск пока не очень освоен нашими автопроизводителями и карбюраторов на наш век еще хватит.

И тут уместно вспомнить, что **наша страна все-таки «Космічна держава»** и именно в Днепропетровске, космической столице Украины, в 70-90-х годах велись работы по созданию

принципиально новых ракетных и космических двигателей и поджигающих устройств для тепловых двигателей. И в 1990 году была подана первая заявка на свечу зажигания для ДВС принципиально новой конструкции и принципа действия, которая впоследствии стала выпускаться под названием «плазменно-форкамерная свеча зажигания» (ПФ). Данная конструкция не имеет аналогов в мировом автомобилестроении и содержит в себе форкамеру и импульсный ускоритель плазмы.

Электроды такой свечи сконструированы в виде ракетного сопла с форкамерой. При подаче высоковольтного импульса в зазоре между электродами происходит пробой, образовавшийся плазменный ступок выталкивается в камеру сгорания. Одновременно происходит поджиг топливной смеси в форкамере свечи, и раскаленные продукты сгорания, содержащие свободные радикалы, через сопло с высокой скоростью впрыскиваются в цилиндр ДВС. При этом обеспечивается объемный, в отличие от точечного у обычных свечей, поджиг основного топливного заряда, увеличивается скорость, полнота сгорания топлива, повышается мощность двигателя и уменьшается токсичность выхлопных газов, что наблюдается на ходовых и стендовых испытаниях, проведенных как украинскими, так и российскими специалистами.

Таким образом, украинским разработчикам удалось в одной конструкции плазменно-форкамерной свечи одновременно реализовать преимущества форкамерного и плазменного зажигания. Надо отметить при этом, что ПФ свечи устанавливаются на место обычных без переделок двигателя и системы зажигания. Необходима лишь небольшая настройка угла опережения зажигания. Кроме того, увеличенная рабочая поверхность бокового электрода и медный сердечник центрального электрода увеличивают срок безотказной работы свечи за счет меньшего обгорания электродов, а постоянная очистка от нагара потоками высокотемпературных газов гарантируют безотказную работу в самых экстремальных условиях.

Но надо отметить, что в технике редко что получается «просто так, сразу». Первые образцы ПФ свечей на одном, еще «советском» именованном автогиганте даже «не хотели» ставить на ДВС. А зачём ее ставить, если и так понятно, что она и пяти минут не проработает - нагаром забьется! И вообще... *«смотри цитату выше про лучшее и хорошее»*. Когда же все-таки поставили, то ухитрились перепутать свечные провода, и естественно, ДВС просто не завелся. Радости скептиков не было предела... Когда же все-таки разобравшись что к чему, завели, и проработали около часа, а затем не обнаружили на керамике и следов нагара (это после работы на холостом ходу!), призадумались – а может действительно, космические технологии чего-то стоят и может надо попробовать их внедрить в автомобиль? Затем было несколько лет отработки конструкции, подбора материалов, опять испытаний, освоение серийного выпуска. Была даже небольшая судебная история, касательно нарушения патента на ПФ свечи и прочие «негаразди»...

Но как бы то ни было, плазменно - форкамерные свечи зажигания успешно прошли стендовые и ходовые испытания, и серийно выпускаются уже несколько лет Научно-производственным предприятием «ПЛАЗМОФОР». Многочисленные испытания и экспертизы, в том числе проведенные совсем недавно ведущими российскими экспертами показали, что двигатели с установленными плазменно-форкамерными свечами на основных режимах имеют более плавную работу, повышенную

мощность, без детонации работают на низко октановом бензине, имеют меньшую токсичность, улучшенную приемистость, и, что особенно важно для нашего климата, надежно запускаются зимой. К тому же на фоне высоких цен на бензин способность ПФ свечей умерять аппетит ДВС делает их достаточно привлекательными. Справедливости ради необходимо отметить, что на режимах холостого хода и малых нагрузках (т.е. когда мы больше стоим, чем едем) в некоторых ДВС характеристики хуже, чем на обычных свечах, но эта особенность часто связана с мелкими дефектами систем зажигания и смесеобразования ДВС. Эти проблемы устраняются грамотной регулировкой карбюратора, трамблера и оптимизацией УОЗ на 2-5 градусов в сторону опережения.

На сегодняшний день более четверти миллиона “Жигулей” и автомобилей других марок ездят по дорогам Украины и России с новыми свечами. Неплохо зарекомендовала себя эта конструкция свечи и на многих иномарках. Освоен также выпуск ПФ свечей и для современных инжекторных ДВС, но процесс их установки и наладки на таких двигателях более сложный и требует обращения в специализированное СТО. Так, если для коррекции УОЗ в «классике» достаточно слегка подкрутить трамблер в сторону более раннего зажигания, то в более поздних моделях с микропроцессором уже необходим ЧИП-тюнинг, учитывающий все особенности работы ДВС с плазменно-форкамерными свечами зажигания.

Естественно, прогресс свечей зажигания, ДВС и автомобилестроения в целом на этом не заканчивается, да и наивно полагать, что одним изобретением можно решить все проблемы, накопившиеся вокруг автомобиля. Мировое повышение цен на нефть, обострение экологической обстановки, введение более строгих европейских норм по токсичности, общее увеличение парка автомобилей на Украине и его «старение» потребуют еще большего напряжения «инженерной мысли» и применения все более и более совершенных технологий и более полной реализации отечественного научно-технического потенциала, который сможет наконец вывести Украину на более высокий уровень развития. Ведь не секрет, что уровень автомобильной отрасли во многом определяет экономический уровень страны.

Владимир Стаценко,
Днепропетровск,
Июль 2005 г.

Подписи к иллюстрациям

Рис. 1. Устройство современной свечи зажигания мало изменилось за сто лет:

- 1 — контактная (штекерная) гайка;
- 2 — оребрение изолятора;
- 3 — контактная головка;
- 4 — изолятор;
- 5 — корпус;
- 6 — токопроводящий (или резистивный) стеклогерметик;
- 7 — уплотнительное кольцо;
- 8 — теплоотводящая шайба;
- 9 — центральный электрод;
- 10 — тепловой конус изолятора;
- 11 — рабочая камера свечи;
- 12 — электрод массы (боковой);
- h — искровой зазор;
- L — длина ввертываемой части;
- l — длина резьбовой части (цоколь);
- d — наружный диаметр резьбы.

Рис.2. Наверно один из самых первых «самобеглых экипажей», еще до изобретений Отто и Хональда.

Рис. 3. Всем известно - авиации требуется супернадёжность. Отказ любой системы может привести к фатальному исходу.

Рис. 4. Многоэлектродные свечи зажигания украинского производства ничем не уступают импортным аналогам.

Рис. 5. Принцип работы воздушно-поверхностной искры.

Рис. 6. Термоэластичный центральный электрод.

Рис. 7. Изменения в конструкции свечей, прежде всего, касались количества и формы боковых электродов, изменения габаритов и способа уплотнения в головке цилиндра.

Рис. 8. Тонкие электроды приходится изготавливать из более стойкого материала.

Рис.9. Изменение формы искрового зазора позволяет улучшить воспламенение рабочей смеси.

Рис.10. Высокооктановый бензин постоянно дорожает, как и тридцать лет назад.

Рис.11. Изобретение украинских ракетчиков – плазменно-форкамерная свеча зажигания.

Рис. 12 Сравнительные графики зависимости крутящего момента, токсичности, и удельного расхода топлива для различных типов свечей зажигания, полученные независимыми экспертами.

Наш глоссарий:

Боковой (массовый) электрод - электрод свечи, непосредственно связанный с корпусом свечи.

Выступающий кончик изолятора свечи – конструктивная особенность многих современных свечей. Такие свечи имеют «выдвинутый» искровой зазор в камеру сгорания, и улучшенный «обдув» и охлаждение изолятора потоками свежей смеси на такте всасывания. В отечественных свечах обозначается буквой **В**, например - А 17ДВТМ.

Детонация - самопроизвольное возгорание рабочей смеси на такте сжатия, характеризуется взрывными процессами, повышенными нагрузками на цилиндропоршневую группу. Длительная работа двигателя с признаками детонации недопустима!

Калильное зажигание - неуправляемый процесс воспламенения рабочей смеси раскаленными элементами свечи, возникает из-за несоответствия тепловой характеристики свечи данному типу двигателя. Характеризуется резким падением мощности и «жесткой» работой двигателя.

Калильное число - отвлеченная величина, пропорциональная среднему давлению, при котором в процессе испытаний свечи на моторной тарировочной установке начинает появляться **калильное зажигание**. В отечественных свечах обозначается цифрами в маркировке, например – А 17ДВРМ.

Рабочая смесь – смесь топлива и окислителя (воздуха) в определенной пропорции, характеризующейся качественным коэффициентом **А** (альфа)

Рабочая температура - температура наиболее раскаленных элементов (электродов и теплового конуса изолятора) свечи в процессе работы двигателя.

Эффективная мощность - мощность, снимаемая с коленчатого вала двигателя, напрямую зависит от оборотов и крутящего момента на валу.

Холостой ход (ХХ) - работа двигателя без нагрузки. Характеризуется невысокими оборотами, из-за чего в карбюраторных ДВС затрудняется смесеобразование, как правило смесь переобогащенная и поступает по цилиндрам неравномерно. Длительная работа на ХХ приводит к загрязнению свечей нагаром.

Тепловая характеристика - зависимость рабочей температуры свечи от эффективной мощности, развиваемой двигателем. Определяется конструктивными параметрами свечи, качеством ее охлаждения и параметрами рабочего процесса двигателя.

Верхний температурный предел тепловой характеристики - рабочая температура свечи, при которой возникает калильное зажигание. Составляет около 900°C. Превышение этой температуры вызывает **калильное зажигание**.

Нижний температурный предел тепловой характеристики - минимальная температура, при которой свеча начнет самоочищаться от нагара. Находится в пределах 350-400°C. Во многом определяет способность свечей самоочищаться при работе на **ХХ**

"Горячие" свечи - относительное понятие, связанное с рабочей температурой. Предназначены для применения на малофорсированных двигателях, где необходимо достижение температуры самоочищения от нагара при относительно небольших тепловых нагрузках. Свечи "горячее" положенных для данного двигателя будут вызывать калильное зажигание. Имеют меньшее, чем "холодные", калильное число.

"Холодные" свечи - предназначены для использования на высокофорсированных двигателях для нагрева меньше температуры калильного зажигания при максимальной мощности двигателя. Свечи, "холодные" для данного двигателя, не будут достигать температуры самоочищения от нагара и перестанут работать через короткий промежуток времени.

Термоэластичность - понятие, характеризующее способность свечи достигать нижнего температурного предела тепловой характеристики при наименьшей эффективной мощности, развиваемой двигателем.

Центральный электрод – электрод свечи, находящийся в центре керамического изолятора. Различают верхний ЦЭ, на который подается высоковольтный импульс от системы зажигания, и нижний ЦЭ, находящийся в камере сгорания. Выполнение нижнего ЦЭ с медным сердечником улучшает **термоэластичность** свечи. В отечественных свечах обозначается буквой **М**, например А 17ДВРМ.

Плазменно-форкамерные свечи (ПФ) – относительно новая разработка украинских специалистов, работают по принципу комбинации подвижного искрового разряда и форкамерного (факельного) поджига. На некоторых режимах значительно повышают характеристики ДВС по мощности, токсичности и экономичности. Отечественные плазменно-форкамерные свечи обозначаются маркировкой с буквами **ПФ**, например - **ПФ** А 17ДРМ.