

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра технической эксплуатации и ремонта автомобилей

А.В. Пузаков

ИСПЫТАНИЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ СВЕЧЕЙ ЗАЖИГАНИЯ

Методические указания

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный университет» для обучающихся по образовательным программам высшего образования по направлению подготовки 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов и специальности 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства

Оренбург

2018

УДК 629.33(075.8)

ББК 39.33-04я73

П 88

Рецензент – доцент, кандидат технических наук Р.Х. Хасанов

Пузаков, А.В.

П-88 **Испытание автомобильных свечей зажигания: методические указания / А.В. Пузаков; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2018.**

Методические указания по выполнению лабораторной работы содержат сведения об устройстве, принципе действия и методах испытания автомобильных свечей зажигания

Методические указания предназначены для обучающихся по образовательным программам высшего образования по направлению подготовки 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов при изучении дисциплины «Электротехника и электрооборудование транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования»; по специальности 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства при изучении дисциплин «Электрооборудование автомобилей и тракторов» и «Электротехника и электрооборудование автомобилей».

УДК 629.33(075.8)

ББК 39.33-04я73

© Пузаков А.В., 2018

© ОГУ, 2018

Содержание

1 Цель работы	5
2 Содержание работы.....	5
3 Оборудование	5
4 Краткие теоретические сведения.....	6
4.1 Конструкция свечей зажигания.....	6
4.2 Условия работы свечей зажигания.....	13
4.3 Эксплуатация и техническое обслуживание свечей зажигания.....	19
4.4 Неисправности свечей зажигания	21
5 Порядок выполнения работы	26
5.1 Оценка технического состояния свечей зажигания	26
5.2 Испытание свечей зажигания на герметичность и искрообразование...	29
6 Контрольные вопросы	34
Список использованных источников	37
Приложение А (рекомендуемое) Бланк лабораторной работы	39

Введение

Лабораторные работы по электрооборудованию автомобилей выполняются в специализированной лаборатории в соответствии с учебным планом дисциплины «Электротехника и электрооборудование транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования».

Лабораторная работа «Испытание автомобильных свечей зажигания» содержит сведения об устройстве и принципе действия автомобильных свечей зажигания.

Представлены конструктивные особенности и принцип работы свечей зажигания. Рассмотрены методы диагностирования технического состояния свечей зажигания.

Лабораторный практикум содержит порядок проведения основных процедур, позволяющих оценить техническое состояние свечей зажигания, а также сделать вывод об их пригодности к эксплуатации на транспортных средствах.

Контрольные вопросы и тесты позволяют оценить, как степень подготовленности студентов к проведению лабораторной работы, так и общий уровень знаний по данному разделу курса.

Использование бланков, приведенных в приложении, позволяет снизить время на подготовку и оформление отчета по лабораторной работе.

1 Цель работы

1. Приобрести практические навыки оценки технического состояния автомобильных свечей зажигания.
2. Научиться расшифровывать маркировочные метки свечей зажигания.
3. Приобрести навыки испытания свечей зажигания на герметичность и бесперебойность искрообразования.
4. На основании анализа полученных данных сделать вывод о пригодности свечей зажигания к дальнейшей эксплуатации.

2 Содержание работы

Внешний осмотр свечей зажигания; расшифровка маркировочных меток свечей зажигания; испытание свечей зажигания на герметичность; испытание свечей зажигания на бесперебойность искрообразования; оценка технического состояния свечей зажигания; составление отчета.

3 Оборудование

Исследуемые свечи зажигания; щуп для проверки и выставления зазора в свечах зажигания; прибор для проверки свечей зажигания Э-203П.

4 Краткие теоретические сведения

Основным назначением любой системы зажигания является воспламенение топливоздушонной смеси в требуемый момент в цилиндрах двигателя внутреннего сгорания, работающего на легком топливе, в качестве которого могут использоваться различные виды бензинов, легких спиртов типа этанола или метанола, сжиженных или сжатых горючих природных газов.

4.1 Конструкция свечей зажигания

Большее количество клапанов увеличенного диаметра и более разветвленная система трубопроводов охлаждающей жидкости становятся типичными конструктивными особенностями современных двигателей.

Конструкция свечей зажигания должна соответствовать этим новым шагам в развитии двигателей. Достичь этого можно за счет уменьшения диаметра резьбы с одновременным увеличением ее длины (см. рисунок 4.1).

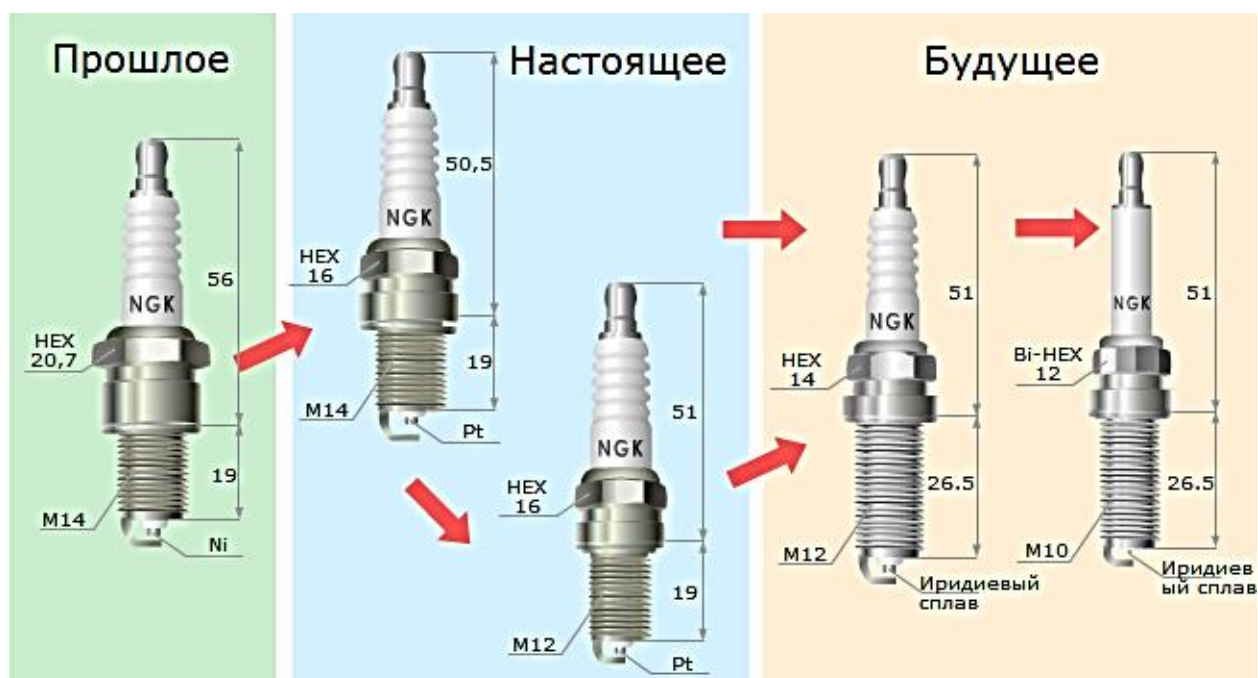


Рисунок 4.1 – Изменение геометрических размеров свечей зажигания

На рисунке 4.2 представлена наиболее распространенная конструкция автомобильной свечи зажигания, основными частями которой являются: корпус 7, изолятор 3 и электроды 10, 11.

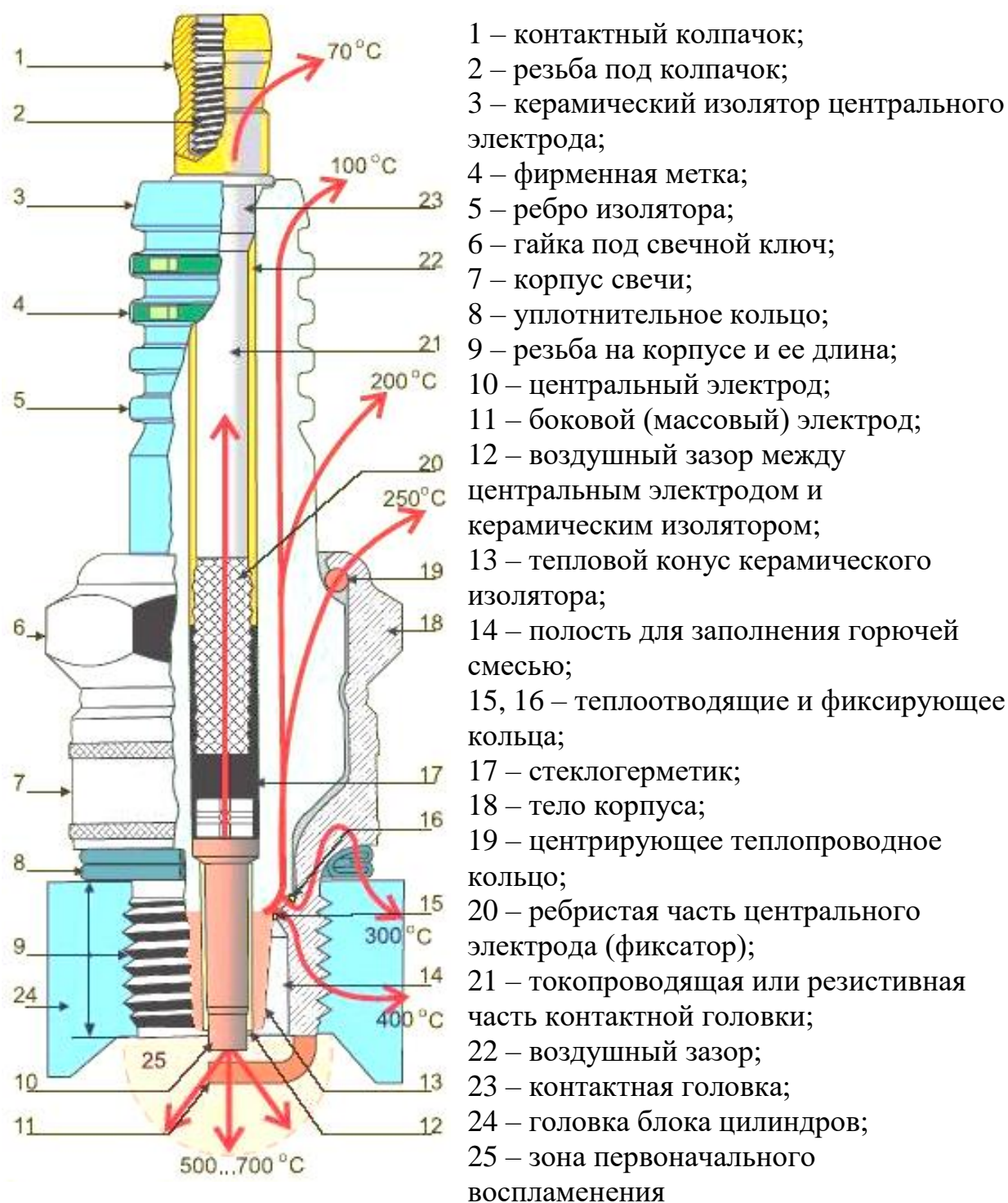


Рисунок 4.2 – Устройство искровой свечи зажигания

Корпус свечи изготовлен из нержавеющей стали и имеет внешнюю резьбовую часть 9 и шестигранную (двенадцатигранную) головку 6 под

свечной ключ. Опорная поверхность корпуса может быть плоской или конусной. В первом случае между головкой блока цилиндров и свечой устанавливается уплотнительное кольцо 8, которое может быть, как съёмным, так и несъёмным. Использование свечей зажигания с конусной опорной поверхностью дает возможность получить надежную герметизацию при меньшем усилии затяжки свечи и позволяет отказаться от уплотнительного кольца.

Внутри корпуса располагается изолятор 3 – важнейший элемент свечи. Материал изолятора свечи должен обладать высокой механической и электрической прочностью, высокой коррозионной стойкостью, большим объемным и поверхностным сопротивлением, быть термостойким, не поглощать воду и иметь высокую удельную теплопроводность. Во многом от свойств материала изолятора зависят качество и характеристики свечи зажигания. В настоящее время изоляторы искровых свечей изготавливаются в основном из корундовой керамики с содержанием около 95% оксида алюминия Al_2O_3 . В состав керамики также входят минеральные добавки в виде оксидов кремния, кальция, магния, кобальта и ниобия, которые улучшают основные характеристики изолятора и придают керамике голубой цвет.

Герметичность между изолятором и корпусом свечи осуществляется кольцевыми уплотнителями 15, 16, 19.

Уплотнительные кольца 15 и 16 улучшают отвод тепла от изолятора через корпус к головке блока цилиндров. Нижняя часть изолятора 3 является тепловым конусом 13 (иногда называется юбочкой теплового конуса). В некоторых типах свечей тепловой конус изолятора выступает за торец корпуса, что обеспечивает хороший доступ топливовоздушной смеси в искровой промежуток между электродами 10, 11 и лучшее охлаждение нижней части изолятора во время всасывания холодной смеси. Внутри верхней части изолятора расположена контактная головка 23, а в нижней части – центральный электрод. Герметизация центрального электрода, и контактной головки в изоляторе осуществляется теплопроводящим стеклогерметиком 17.

Искровой разряд между электродами свечи зажигания является источником радиопомех. Для подавления этих помех между центральным электродом и контактной головкой может быть установлен помехоподавительный резистор, выполненный в виде угольного стержня или специального резистивного герметика. Такие свечи устанавливаются на двигатель с проводами высокого напряжения без помехоподавительных средств. Кроме того, встроенный помехоподавительный резистор способствует уменьшению эрозии электродов.

Материал электродов должен обладать высокой коррозионной и эрозионной стойкостью, жаропрочностью, хорошо проводить тепло. Удовлетворительными свойствами обладают сплавы с большим содержанием никеля и хрома. Кроме того, никель при высоких температурах способствует ионизации искрового промежутка, что несколько снижает пробивное напряжение между электродами свечи.

Для большинства свечей зажигания в качестве материала центрального электрода применяются нихром Х20Н80.

Для современных форсированных двигателей применяются свечи, центральный электрод которых выполнен из меди и покрыт никельхромовой оболочкой (см. рисунок 4.3). Медный сердечник обеспечивает лучший теплоотвод при больших нагрузках двигателя, а жаропрочная оболочка повышает износоустойчивость электрода. Такие свечи получили название *термоэластик*.

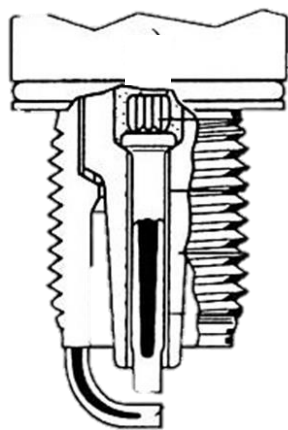


Рисунок 4.3 – Конструкция свечей зажигания с медным сердечником

Для особо форсированных двигателей спортивных автомобилей свечи зажигания изготавливаются с серебряным центральным электродом. Среди металлов серебро обладает самой высокой теплопроводностью, это дает возможность изготовить центральный электрод более тонким, что облегчает доступ горючей смеси к искровому промежутку и тем самым снижается вероятность пропусков воспламенения. Однако свечи с серебряным электродом имеют меньший срок службы.

Высокими эксплуатационными свойствами обладают свечи зажигания с платиновым электродом, который спекается непосредственно с керамическим изолятором. Благодаря высокой коррозионной и эрозионной стойкости платины центральный электрод делается очень тонким, что обеспечивает хороший доступ горючей смеси в искровой промежуток и гарантирует ее надежное воспламенение. Малые размеры центрального электрода из платины в сочетании с заостренной формой бокового электрода, а также каталитическое действие платины, способствуют понижению пробивного напряжения между электродами. Для свечей с платиновым центральным электродом характерны надежное искрообразование в течение всего срока службы и хорошие пусковые свойства. Однако высокая надежность и долговечность таких свечей сочетается с повышением их стоимости (в 4 - 5 раз по сравнению с обычными свечами).

Иридиевый электрод свечи зажигания имеет большую износостойкость, чем платиновое покрытие, что позволяет также уменьшить диаметр центрального электрода до 0,7 мм и даже до 0,4 мм. При этом электрическая проводимость у данного электрода очень высокая что позволяет поджигать смесь при низком бортовом напряжении (на 20% ниже чем нормальное), также позволяет зажигать обедненные топливно-воздушные смеси. Кроме того, данные свечи зажигания обладают большим эксплуатационным ресурсом.



Обычный



Утопленный
в изолятор



Тонкий из
благородных
металлов



Форма звезды



с V-образной
канавкой

Рисунок 4.4 – Форма центральных электродов свечей зажигания

Массовый электрод 11 (см. рисунок 4.2) приваривается контактной микросваркой к ободку корпуса свечи. Как у отечественных, так и зарубежных свечей, массовый электрод изготавливается из никель-марганцевого сплава. Этот сплав надежно сваривается с корпусной сталью свечи.

Эксплуатационные характеристики свечи зажигания улучшаются, если массовый электрод имеет медную вставку по типу центрального электрода.

Для надежного искрообразования в течение всего срока службы и для обеспечения долговечности в свечах устанавливают несколько боковых электродов. Существенное влияние на эксплуатационные параметры свечи и теплопроводность электродов, доступность горючей смеси в искровой промежуток, на износостойкость электродов, пробивное напряжение оказывает форма массовых (боковых) электродов (см. рисунок 4.5).



Рисунок 4.5 – Форма массовых электродов свечей зажигания

Наибольшее распространение получил одиночный торцовый массовый электрод, однако есть свечи, в которых применяются массовые электроды различной формы.

От формы электродов зависит вид искрового промежутка и, как следствие, траектория искрового разряда (см. рисунок 4.6). Форма поперечного сечения электродов может быть различной (круглой, прямоугольной, треугольной и др.). На поверхности массовых электродов могут быть нанесены канавки или они могут иметь осевые отверстия, что способствует самоочищению электродов.



Рисунок 4.6 – Форма искрового промежутка

Между электродами искровой свечи зажигания устанавливается определенный для данного типа двигателя зазор. Для двигателя современного легкового автомобиля с электронной системой зажигания величина зазора воздушного промежутка между электродами находится в пределах от 0,7 до 1,2 мм.

Для двигателей прежних конструкций с классической системой зажигания от 0,5 до 0,8 мм. При неправильно установленной величине зазора ухудшаются показатели работы автомобильного двигателя, в частности, увеличивается расход топлива и ухудшается экология выхлопных газов. Для современных двигателей, работающих на бедных смесях, требуется увеличенный зазор между электродами свечи.

Но с увеличением зазора возрастает пробивное напряжение искрового промежутка, поэтому современная система зажигания имеет более высокий запас по вторичному напряжению, чем исключается вероятность пропусков искрообразования. Если воздушный промежуток между электродами слишком мал, то увеличивается вероятность его «зарастания» нагаром и становятся возможными пропуски зажигания. Это крайне отрицательно сказывается на экономичности двигателя. Так, при одной неработающей свече зажигания в шестицилиндровом двигателе расход топлива увеличивается на 25%.

В тех случаях, когда пропуски зажигания недопустимы (например, на вертолетных ДВС, или на двигателях спортивных автомобилей), в каждый цилиндр устанавливают по две свечи зажигания.

4.2 Условия работы свечей зажигания

Электроискровая свеча зажигания на автомобильном двигателе работает в крайне тяжелых условиях, так как подвергается комплексному циклическому воздействию механических, термических и электрических нагрузок, изменяющихся в широких пределах. Кроме того, детали свечи

зажигания подвергаются химическим воздействиям со стороны топливовоздушной смеси, а также со стороны продуктов сгорания топлива и моторного масла.

Во время работы двигателя в тепловом отношении свеча подвергается воздействию колебаний температуры газовой среды в камере сгорания от 60°C до 3000°C. В результате тепловой конус изолятора и электроды нагреваются до некоторой средней температуры.

При неполном сгорании топливовоздушной смеси, а также из-за попадания моторного масла в камеру сгорания на поверхности теплового конуса изолятора образуется токопроводящий нагар, шунтирующий искровой промежуток свечи. Из-за шунтирующего действия нагара, сопротивление которого при работе двигателя может изменяться от 0,5 до 1,0 МОм (в холодном состоянии чистая свеча зажигания имеет сопротивление изолятора 500 - 10000 МОм), во вторичной цепи системы зажигания появляется ток утечки.

Ток утечки еще до пробоя искрового промежутка в свече вызывает падение напряжения во вторичной цепи. В результате напряжение, подводимое к электродам свечи, уменьшается и может оказаться равным или даже меньше пробивного напряжения искрового промежутка. Это приводит к пропускам искрообразования или искра между электродами вообще не возникает.

Утечка тока может иметь место и по наружной поверхности изолятора, если она загрязнена или покрыта влагой. Вредное влияние нагара, влаги и загрязнений может быть уменьшено внутри свечи путем увеличения пути для протекания тока утечки, что достигается удлинением теплового конуса, а снаружи – ребрением поверхности изолятора и ее укрытием под грязезащитный колпачок.

При нагреве теплового конуса изолятора до температуры 400°C - 500°C нагар на его поверхности отслаивается. Эта температура называется температурой самоочищения свечи. Для быстрого нагрева теплового конуса

до температуры самоочищения он должен быть достаточно длинным. С другой стороны, при работе двигателя под полной нагрузкой температура теплового конуса и электродов не должна превышать 850°C - 900°C .

Иначе может возникнуть самопроизвольное воспламенение топливовоздушной смеси (калильное зажигание) от сильно разогретых частей свечи зажигания (причиной калийного зажигания часто является нагар не только на свечах, но и на других частях камеры сгорания). Калильное зажигание возникает во время сжатия еще до момента появления искры в свече и характеризуется резким ростом температуры и давления газов в камере сгорания. Процесс сгорания топливовоздушной смеси становится неуправляемым, мощность двигателя падает, а его перегрев может привести к серьезным поломкам поршней, клапанов, коленчатого вала, разрушению изолятора свечей и выгоранию электродов. Таким образом, чтобы свеча не покрывалась нагаром и не вызывала калильного зажигания, температура ее теплового конуса должна быть в пределах 400°C - 900°C . Температуру 400°C - 900°C теплового конуса изолятора называют тепловым пределом работоспособности свечи, который для всех свечей практически одинаков.

Однако двигатели существенно различаются по мощности, по типу используемого бензина, по степени сжатия, а, следовательно, и по тепловой напряженности. Чем больше форсирован двигатель, тем большее количество тепла выделяется в камере сгорания, тем лучше должно отводиться тепло от свечи, чтобы она не перегревалась.

Основная часть тепла (80%) отводится через центральный электрод по тепловому конусу изолятора. Далее одна часть данного теплового потока проходит по теплоотводящей шайбе и резьбовой части корпуса, а другая – через опорную поверхность корпуса и прокладку. Таким образом, чтобы выдержать тепловой предел работоспособности свечи, размеры её конструктивных элементов и их формы (главным образом теплового конуса изолятора) должны быть согласованы с тепловой напряженностью двигателя.

Отсюда следует, что для различных двигателей требуются свечи зажигания с различной тепловой характеристикой.

Температура свечи зажигания

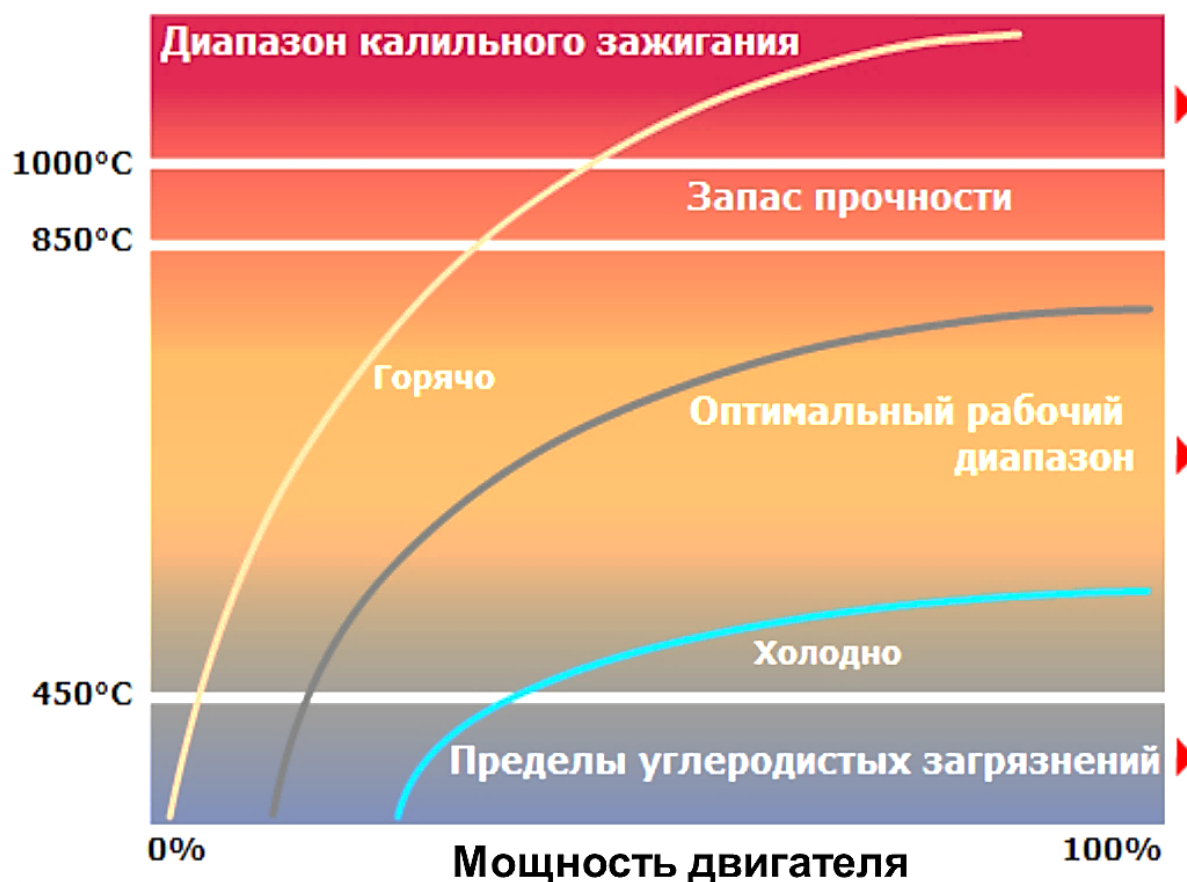


Рисунок 4.7 – Тепловая характеристика свечей зажигания

Для определения «тепловая характеристика свечи зажигания» однозначного терминологического соглашения пока не существует. Чаще всего тепловая характеристика свечи зажигания выражается калильным числом. Калильное число свечи зажигания представляет собой некоторое условное число, которое характеризует способность свечи работать в условиях специального эталонного двигателя без калильного зажигания.

Согласно российскому ГОСТ 2043-74 под калильным числом понимается условное число из ряда 8, 11, 14, 17, 22, 23, 26, которое пропорционально среднему индикаторному давлению, при котором во время испытания свечи зажигания на тарировочном одноцилиндровом двигателе в цилиндре двигателя начинает появляться калильное зажигание.

Ряд зарубежных фирм под калильным числом принимает величину, пропорциональную времени, по истечении которого свеча, установленная на специальный испытательный двигатель, работающий при определенном режиме, начинает давать калильное зажигание. В некоторых случаях для оценки свечей различных типов используется показатель – относительное калильное число свечи зажигания. Этот показатель является произведением длины теплового конуса изолятора свечи (в мм) на ее калильное число.

Реже в качестве тепловой характеристики используется тепловое число, которое представляет собой отношение литровой мощности (в л.с.) двигателя к площади поверхности нижней части изолятора (см²), воспринимающей тепло. Такая характеристика является мерой тепловой напряженности свечи зажигания.

В общем случае, тепловая характеристика конкретной свечи зажигания зависит от теплопроводности ее центрального электрода и центрального изолятора; от площади и кривизны поверхности теплового конуса изолятора; от формы запальной полости, доступной для рабочей смеси и других факторов. Изменяют тепловую характеристику свечей, в основном, изменением длины теплового конуса изолятора и площадью его соприкосновения с корпусом свечи (см. рисунок 4.8).

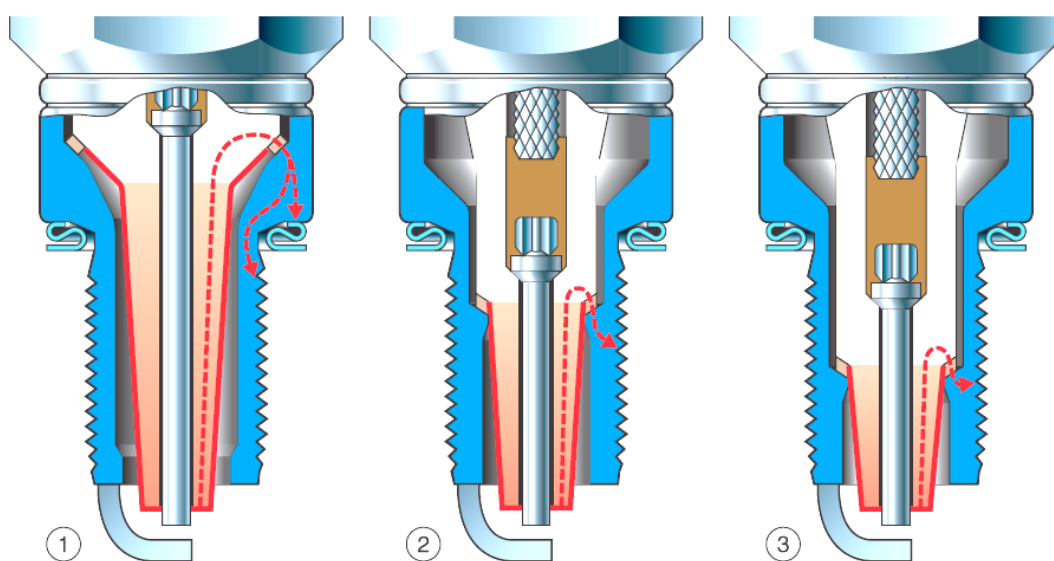


Рисунок 4.8 – Изменение длины теплового конуса холодных и горячих свечей зажигания

Свеча, предназначенная для низкооборотистого двигателя с умеренным тепловым режимом, имеет длинный тепловой конус (см. рисунок 4.8). Изолятор такой свечи получает во время работы двигателя большое количество тепла и нагревается до температуры 600°С - 700°С. Такая свеча называется «горячей».

Свеча для быстроходного двигателя с высокой степенью сжатия и напряженным тепловым режимом имеет короткий тепловой конус (см. рисунок 4.8), утопленный в корпусе и близко к нему прилегающий. Благодаря этому доступ горючей смеси к запальной полости несколько затруднен, но путь отвода тепла при этом значительно укорочен. Как следствие, изолятор получает меньшее количество тепла и лучше охлаждается (средняя температура нагревания изолятора не превышает 500°С - 600°С). Такую свечу называют «холодной» и она работает без калильного зажигания при напряженном тепловом режиме двигателя. Однако в холодной свече зажигания короткий тепловой конус изолятора становится более восприимчивым к шунтирующему действию нагара.

Современные двигатели легковых автомобилей характеризуются высокими значениями литровой мощности, что требует расширения теплового предела диапазона работоспособности свечей зажигания.

В зависимости от принятого способа определения тепловой характеристики для свечей зажигания установлены ряды калильных чисел. Эти ряды составляются фирмами-изготовителями и отличаются друг от друга по информационной значимости условных единиц. Калильное число обязательно указывается в маркировке любой свечи зажигания.

Маркировка свечей зажигания должна включать:

- товарный знак;
- страну изготовления;
- дату изготовления;
- обозначение типа свечи зажигания.

Обозначение типа свечи разных производителей не стандартизировано, однако включает, в большинстве случаев следующую информацию:

- диаметр и длину резьбы;
- размер «под ключ»;
- тип опорной поверхности;
- калильное число;
- форму и количество электродов;
- материал электродов;
- наличие помехоподавительного резистора.

4.3 Эксплуатация и техническое обслуживание свечей зажигания

В течение первых 2000 - 3000 км пробега пробивное напряжение новой свечи зажигания повышается на 15 - 20% за счет округления кромок электродов. При дальнейшей работе под действием горючих газов, высокой температуры и искрового разряда электроды выработываются (выгорают) и зазор в свече увеличивается в среднем на 0,015 мм на каждые 1000 км пробега автомобиля. В результате пробивное напряжение искрового промежутка постепенно возрастает и рано или поздно система зажигания начинает работать с перебоями.

В связи с этим через каждые 10 тыс. км пробега рекомендуется проводить регулировку искрового промежутка подгибкой бокового электрода, а через 30 - 40 тыс. км пробега — заменять свечи на новые. Использовать свечи с пробегом более 50 тыс. км не следует. Перед вывертыванием свечей необходимо удалить вокруг них грязь и обдуть посадочные места сжатым воздухом, чтобы предупредить засорение камеры сгорания через свечное отверстие в головке блока цилиндров.

Вывертывать и заворачивать свечу следует только при помощи свечного ключа со стандартным воротком длиной не более 20 см. Использовать вороток

большей длины не рекомендуется, так как при затяжке или отворачивании чрезмерно затянутой свечи ее можно сломать. В случае использования свечи с конусной опорной поверхностью корпуса можно повредить не только саму свечу, но и посадочное гнездо в головке блока цилиндров.

Для затяжки свечей лучше использовать динамометрический ключ, соблюдая рекомендуемый момент затяжки, который зависит от размера резьбы, вида опорной поверхности корпуса свечи и материала головки блока цилиндров.

Если во время установки резьба свечи смазывается графитовой смазкой, то момент затяжки следует уменьшить от рекомендуемых значений на 20 - 25%. Новые фирменные свечи в смазке резьбы не нуждаются.

При отсутствии динамометрического ключа поступают следующим образом. Завертывают свечу с чистой резьбой рукой до упора. Далее, используя штатный свечной ключ, продолжают ввертывать свечу до задержки вращения. После этого следует повернуть свечу. Для новых свечей с плоской опорной поверхностью корпуса и уплотнительным кольцом доворот составляет 90°. Если свеча с уплотнительным кольцом уже находилась в эксплуатации – доворот не более 30°. Свечу зажигания с конусной опорной поверхностью корпуса и без уплотнительного кольца «доворачивают» всего на 15°.

Более благоприятные условия воспламенения топливовоздушной смеси достигаются в камере сгорания двигателя, если ввернутая в головку блока цилиндров свеча располагается таким образом, чтобы боковые электроды не препятствовали доступу горючей смеси в искровой промежуток при открытии впускного клапана. Такое положение свечи можно обеспечить в пределах допустимого угла затяжки, предварительно сделав метки на корпусе свечи и на посадочном месте головки блока. Метки должны соответствовать оптимальному расположению свечи в камере сгорания относительно впускного клапана. Наиболее просто это выполнить для свечи с одним боковым электродом. Было замечено, что при таком расположении свечи

стенки камеры сгорания меньше покрываются нагаром, двигатель более устойчиво работает на холостом ходу, меньше потребляет топлива и его мощность несколько возрастает.

Величина воздушного зазора свечи с нечетным числом боковых электродов проверяется круглым щупом, который вставляется продольно относительно бокового электрода и должен проходить между электродами с едва ощутимым сопротивлением. Ясно, что плоским щупом точно измерить зазор невозможно, так как в результате электроэрозии на боковых массовых электродах образуются выемки, которые вносят погрешность в измерение искрового промежутка. Эта погрешность может составлять 40 - 60%, что необходимо иметь в виду при установке зазора в свече с нечетным числом боковых электродов.

4.4 Неисправности свечей зажигания

Основными неисправностями искровых свечей зажигания являются недостаточная герметичность по корпусу и центральному электроду, износ (выгорание) электродов, разрушение теплового конуса изолятора, образование нагара на внешней поверхности теплового конуса, что приводит к шунтированию воздушного зазора между электродами.

Большинство неисправностей свечи зажигания можно определить внешним осмотром. Так, о нарушении герметичности свечи говорит появление темного налета в виде ободочка на наружной поверхности изолятора вокруг корпуса.

Вывернув свечу из головки блока цилиндров, по характеру износа электродов и состоянию теплового конуса изолятора можно судить о техническом состоянии не только свечи, но и двигателя.

У неработающей свечи все внутренние ее части покрыты влажным нагаром, а сама свеча при работе ДВС не нагревается выше средней

температуры головки блока. Ниже представлены типичные примеры внешнего вида внутренней торцевой части свечи зажигания, вывернутой из головки блока (см. рисунок 4.9).

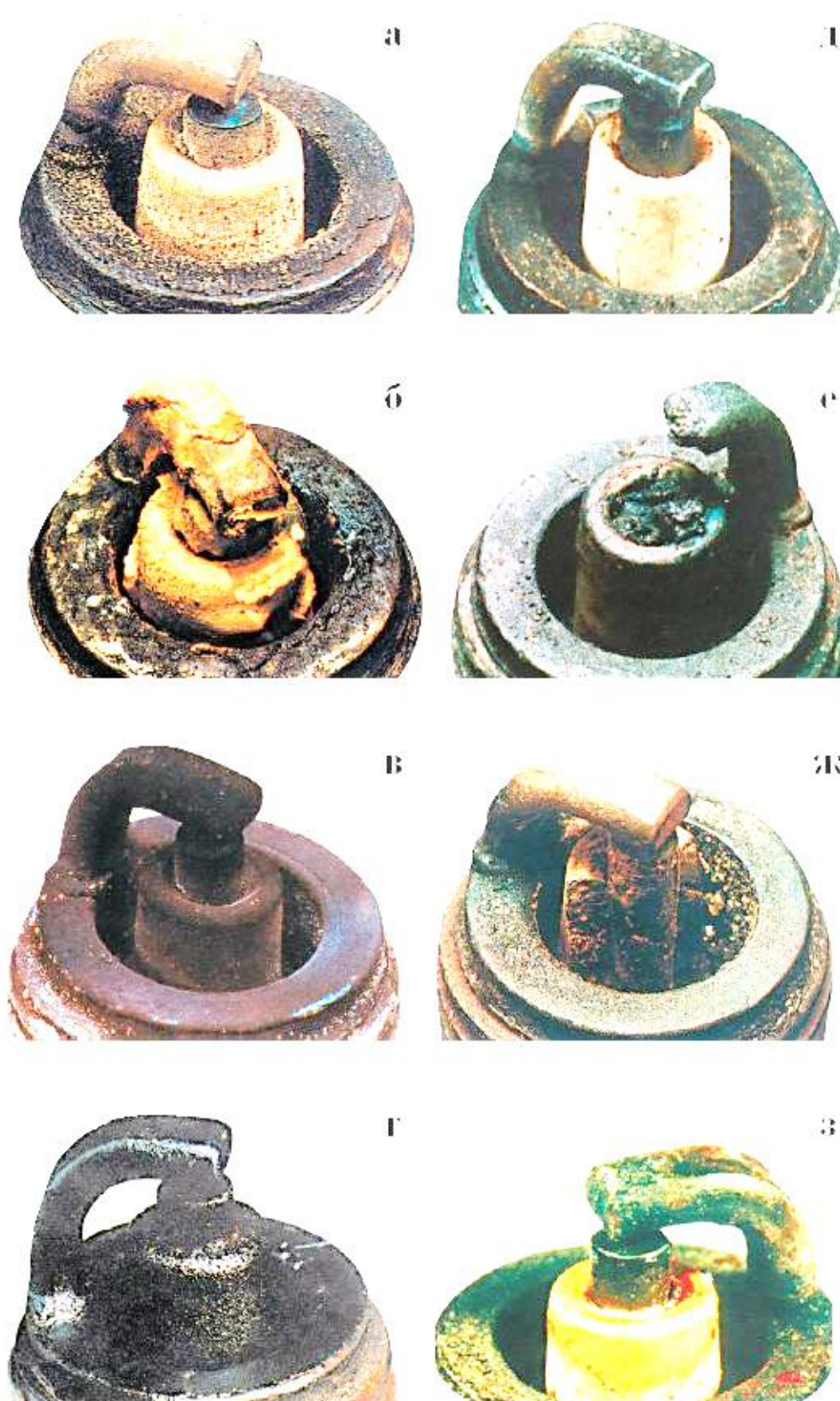


Рисунок 4.9 – Внешний вид свечей зажигания после эксплуатации

Нормальное состояние

Тепловой конус изолятора слегка покрыт нагаром от серо-желтого, светло-коричневого до серо-белого цвета. Электроды не обгоревшие, торцовый ободок корпуса чистый. Можно утверждать, что приготовление горючей смеси в системе питания и установка момента воспламенения в системе зажигания безупречны, отсутствуют пропуски искрообразования и воспламенения. Калильное число свечи подобрано правильно. Двигатель и его системы работают устойчиво (см. рисунок 4.9а).

Отложения на изоляторе и электродах

Значительные отложения на электродах, тепловом конусе изолятора и на ободке корпуса свечи могут быть в виде шлака или в виде рыхлого легко отлетающего осадка. Основной причиной является наличие непредусмотренных инструкцией по эксплуатации двигателя присадок в моторном масле или топливе. По калильному числу свеча подобрана правильно. Если очистка свечи не дает результата, ее следует заменить (см. рисунок 4.9б).

Свеча покрыта черным нагаром

Тепловой конус изолятора, электроды и ободок корпуса покрыты бархатистым матово-черным нагаром. Причинами могут быть неисправности в системе питания двигателя (карбюраторе или системе впрыска топлива), слишком богатая смесь, засорение воздушного фильтра; неисправность пускового устройства карбюратора или слишком длительный процесс пуска двигателя, преобладание перевозок на короткие расстояния, слишком "холодная" свеча. Вследствие образования такого нагара возможны пропуски искрообразования и затруднение пуска холодного двигателя. Увеличивается расход топлива. Если свеча подобрана правильно, то после ее очистки и регулировки зазора, а также после устранения неисправностей в системах двигателя она может быть вновь установлена на место (см. рисунок 4.9в).

Замасленная свеча

Тепловой конус изолятора, электроды и корпус свечи покрыты глянцево-маслянистыми отложениями или плотным маслянистым нагаром. Причины: сломано маслоъемное кольцо, большой износ цилиндропоршневой группы двигателя, высокий уровень масла в картере, маслоъемные сальники клапанов пришли в негодность, у двухтактного двигателя переизбыток масла в топливоздушном смеси. Свечи, покрытые маслом, вызывают пропуски искрообразования, пуск двигателя затруднен или вообще невозможен. Перед очисткой свечу необходимо промыть струей бензина под напором (см. рисунок 4.9г).

Перегрев свечи

Внешний вид сильно перегретой свечи схож со свечой в нормальном состоянии. Отличие состоит в отсутствии нагара на электродах и тепловом конусе. Наиболее достоверно эту неисправность можно определить по сильному перегреву наружной части изолятора. Белый цвет изолятора и отсутствие на нем следов нагара свидетельствуют о перегреве свечи, вызванного ранним моментом зажигания, бедной смесью, подсосом дополнительного воздуха в цилиндр двигателя, использованием топлива с низким октановым числом, отсутствием уплотнительного кольца на свече с плоской опорной поверхностью корпуса, неисправностью системы охлаждения двигателя, наличием нагара на днище поршня и в головке цилиндра или применением «горячей» свечи. Свечу с признаками перегрева следует заменить, иначе в дальнейшем начнет развиваться выгорание электродов (см. рисунок 4.9д).

Выгорание электродов

Оплавление электродов (особенно центрального), следы расплава металла на тепловом корпусе изолятора, застывшие шарики металла на ободке корпуса говорят о чрезмерном перегреве свечи и калильном зажигании. Причины такие же, как и в предыдущем случае. Во избежание поломок

двигателя эксплуатацию автомобиля следует прекратить до выяснения вовремя обнаруженных причин калильного зажигания (см. рисунок 4.9е).

Разрушение теплового конуса изолятора

Разрушения теплового конуса изолятора в виде сколов или трещин. Эта неисправность чаще всего появляется на длительно и нормально работающих свечах, что может быть результатом постоянной детонации двигателя, перегрева свечи, расширения центрального электрода под действием высоких температур или его коррозии, «зарастание» воздушного канала между центральным электродом и изолятором нагарными отложениями, механического воздействия при неаккуратном обращении со свечой. Следует заметить, что появление детонационных стуков в двигателе может быть вызвано ранним зажиганием, калильным зажиганием при перегреве двигателя или использованием топлива с несоответствующим октановым числом. Работа двигателя с детонацией недопустима, так как приводит к его преждевременному выходу из строя (см. рисунок 4.9ж).

Металлизация электродов

При постоянном использовании бензина с антидетонационными присадками на основе солей свинца, срок службы свечей зажигания резко сокращается (с 50 тыс. до 10 - 15 тыс. км пробега). Объясняется это тем, что и центральный, и боковой электроды нормально работающей свечи зажигания покрываются неустраняемым налетом свинцовых соединений в виде тонкой зеленоватой пленки. При появлении перебоев в системе зажигания такие свечи подлежат замене (см. рисунок 4.9з).

5 Порядок выполнения работы

5.1 Оценка технического состояния свечей зажигания

Прежде чем проводить диагностирование свечей зажигания необходимо расшифровать сведения о заводских параметрах (например, величине искрового промежутка).

Следует отметить, что в отечественном стандарте для обозначения свечи используется десять информативных разрядов. Информация каждого разряда расшифрована в табличном блоке. В маркировке отечественной свечи наиболее важная часть табличных блоков обозначена соответствующими символами, а другая часть – «пустотами». В маркировке импортных свечей зажигания указываются не все перечисленные в таблице сведения, а только самые принципиальные отличия. Пустоты для обозначения информативных табличных блоков в маркировке импортных свечей используются не всегда.

Результаты расшифровки маркировочных меток заносят в таблицу по форме таблицы 5.1.

Таблица 5.1 – Результаты расшифровки маркировочных меток свечей зажигания

Параметры	Свеча зажигания					
	1	2	3	4	5	6
1	2	3	4	5	6	7
Маркировка свечи зажигания						
Производитель (страна)						
Длина резьбы, мм						
Диаметр резьбы, мм						
Размер «под ключ», мм						
Калильное число						
Форма и число электродов						

Продолжение таблицы 5.1

1	2	3	4	5	6	7
Материал электродов						
Наличие резистора						
Выступление изолятора						
Особенности конструкции						
Искровой зазор:						
Измеренный, мм						
Допустимый, мм						
Состояние изолятора и электродов						
На каких автомобилях используется						

Зазор между электродами свечей зажигания является важнейшей их характеристикой, от которой зависит стабильность работы двигателя, его мощность, количество развиваемых оборотов, расход топлива, долговечность работы деталей поршневой группы.

Уменьшенный зазор между электродами свечей зажигания характеризуется мощным, но кратковременным искровым разрядом. Сокращение времени приводит к тому, что топливная смесь не успевает сгорать полностью. В результате свечи заливаются остатками горючего, искра периодически пропадает, двигатель троит. Естественно, увеличивается и расход топлива. Резко возрастает и количество токсичных веществ в выбросе.

Подобное явление на высоких оборотах нередко приводит к тому, что искра, будучи слишком короткой, не успевает разрываться между поступающими электрическими импульсами, образуя постоянную дугу. В итоге мы можем получить подгоревшие или полностью расплавленные электроды, а также межвитковое замыкание в катушке. Дополняет эту картину затрудненный пуск двигателя и ускоренный износ деталей поршневой группы.

Увеличенный зазор между электродами свечей зажигания, наоборот, приводит к тому, что искра удлиняется, но становится слишком слабой, чтобы

поджечь горючую смесь. Кроме этого, увеличивается вероятность пробоя катушки, провода высокого напряжения или изолятора. При слишком большом расстоянии между электродами электричеству, которое по своей природе ищет кратчайший путь для выравнивания разности потенциалов, проще пройти сквозь керамику, чем преодолеть увеличенный зазор по воздуху. В итоге искра в цилиндре либо образуется периодически, либо вообще пропадает. Двигатель при этом захлебывается топливом, троит или глохнет. Характерным явлением для увеличенного зазора являются редкие громкие хлопки, вызванные пропусками зажигания.

Определить величину расстояния между электродами поможет специальный щуп для измерения зазоров.

Существует три вида измерительных щупов: монетообразный; проволочный; пластинчатый (рисунок 5.1).



Рисунок 5.1 – Щупы для измерения зазора в свечах зажигания

Первый щуп для измерения зазоров на вид напоминает обычную монету с окружающим ее ободком. Он на разных позициях окружности имеет разную толщину. При этом на самой «монете» нанесена шкала, указывающая на ее величину. Проволочный щуп имеет подобную конструкцию. Только вместо ободка у него роль измерителя выполняют петли из проволоки разного диаметра. Самым популярным инструментом для замера зазора является

измеритель в виде швейцарского ножа. Тут вместо лезвий используются стальные пластины определенной толщины.

Первым делом свечу необходимо очистить от грязи и нагара, который может присутствовать на ее контактах. Способ проведения замера для каждого типа щупа разный. Если у вас монетообразный измеритель, поместите его ободок между электродами свечи. Медленно проворачивайте его до того момента, пока он не соединит контакты. Теперь посмотрите на шкалу «монеты». Значение, нанесенное на ней в месте расположения электродов, и будет величиной зазора. Чтобы увеличить его, просто отогните боковой контакт ободком измерителя и снова проверьте расстояние. Для уменьшения зазора электрод нужно легонько подогнуть, уперев его в какой-нибудь неподвижный предмет.

Если же у вас проволочный щуп, замеры производим путем помещения между контактов проволочной петельки. Каждая из них имеет определенный диаметр. Толщина петельки, которая перекроет расстояние между электродами, и будет зазором. Отгибание бокового контакта производится при помощи специальных фигурных пластинок, расположенных на корпусе проволочного щупа. Пластинчатым измерителем проверять зазор проще всего. Достаточно подобрать пластину, которая плотно войдет между электродами, и посмотреть ее толщину, обозначенную на ее поверхности. Регулировка зазора выполняется также при помощи самого измерителя.

Результаты измерения зазора между электродами свечей зажигания заносят в таблицу по форме таблицы 5.1.

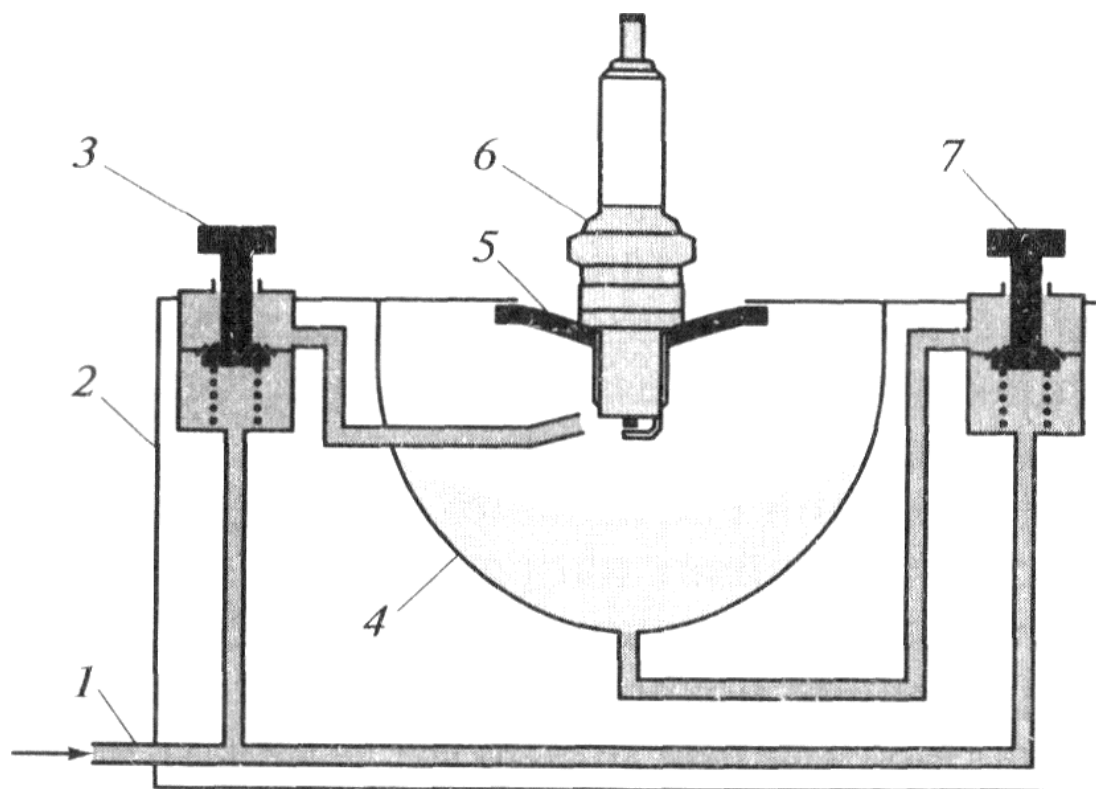
5.2 Испытание свечей зажигания на герметичность и искрообразование

Необходимость периодического контроля технического состояния свечей зажигания диктуется тем, что только одна неработающая свеча

вызывает перерасход топлива до 15%, снижает мощность двигателя и увеличивает токсичность отработавших газов. Поэтому диагностирование свечей зажигания производится через 15 - 20 тыс. км пробега автомобиля или 1 - 2 раза в год.

Для проверки свечей зажигания используют комплект Э-203, в состав которого входят установка Э-203-О для очистки свечей и диагностический прибор Э-203-П. Перед началом диагностики свечу необходимо очистить от нагара, осмотреть на наличие внешних повреждений, установить зазор между ее электродами. Установка Э-203-О предназначена для очистки рабочих поверхностей свечей зажигания от нагара.

Функциональная схема установки Э-203-О представлена на рисунке 5.2.



1 – штуцер для подвода сжатого воздуха; 2 – корпус установки Э-203-О; 3 – кран для продувки очищенной свечи сжатым воздухом; 4 – емкость с песком; 5 – резиновый уплотнитель; 6 – свеча; 7 – кран для очистки свечи от нагара песком.

Рисунок 5.2 – Функциональная схема установки Э-203-О

Установка смонтирована в металлическом корпусе 2. В корпусе размещена емкость 4 с кварцевым песком, который используется как абразивный материал для ускорения процесса очистки рабочих поверхностей свечей. На лицевой панели корпуса 2 размещены кран 7 для очистки песком свечи от нагара и кран 3 для продувки сжатым воздухом очищенной свечи. Сжатый воздух подводится к установке через штуцер 1.

Для очистки свечу 6 устанавливают в отверстие резинового уплотнителя 5 и нажимают на кнопку крана 7. При этом сжатый воздух перемещается в нижнюю часть емкости 4 и вместе с песком устремляется вверх на рабочие поверхности свечи 6.

После полной очистки свечи от нагара ее продувают сжатым воздухом, очищая от частичек песка, для чего нажимают на кнопку крана 3. Затем производят внешний осмотр, измерение и регулировку зазора между электродами свечи.

Прибор Э-203-П предназначен для проверки технического состояния свечей и высоковольтных элементов системы зажигания автомобиля. Он состоит из барокамеры с ручным насосом и электронного устройства, подающего на диагностируемый объект высокое напряжение (около 23 кВ).

Прибор Э-203-П работает от сети переменного тока напряжением 220 В. Для контроля качества искрообразования на свече зажигания в барокамере прибора предусмотрены два стеклянных окна и боковое зеркало.

Для диагностирования свечи зажигания 11 ее вкручивают в боковое отверстие барокамеры 5 прибора Э-203-П (рисунок 5.3). На свечу 11 устанавливают наконечник высоковольтного провода 3, идущего от катушки зажигания 2. Затем с помощью ручного насоса 4 в барокамеру закачивают воздух под давлением 0,7 МПа для свечей, работающих с контактными системами зажигания, или 1,0 МПа для свечей, работающих с бесконтактными системами зажигания. Контроль давления воздуха в барокамере 5 осуществляют по манометру 7. Для предотвращения утечки сжатого воздуха из барокамеры через насос 4 в ней предусмотрен обратный клапан 6.

Результаты испытания свечей зажигания не герметичность заносят в таблицу по форме таблицы 5.2.

Таблица 5.2 – Результаты испытания свечей зажигания на герметичность

Маркировка свечи зажигания	Испытательное давление, МПа	Время испытания, мин	Падение давления, МПа	Результаты испытания

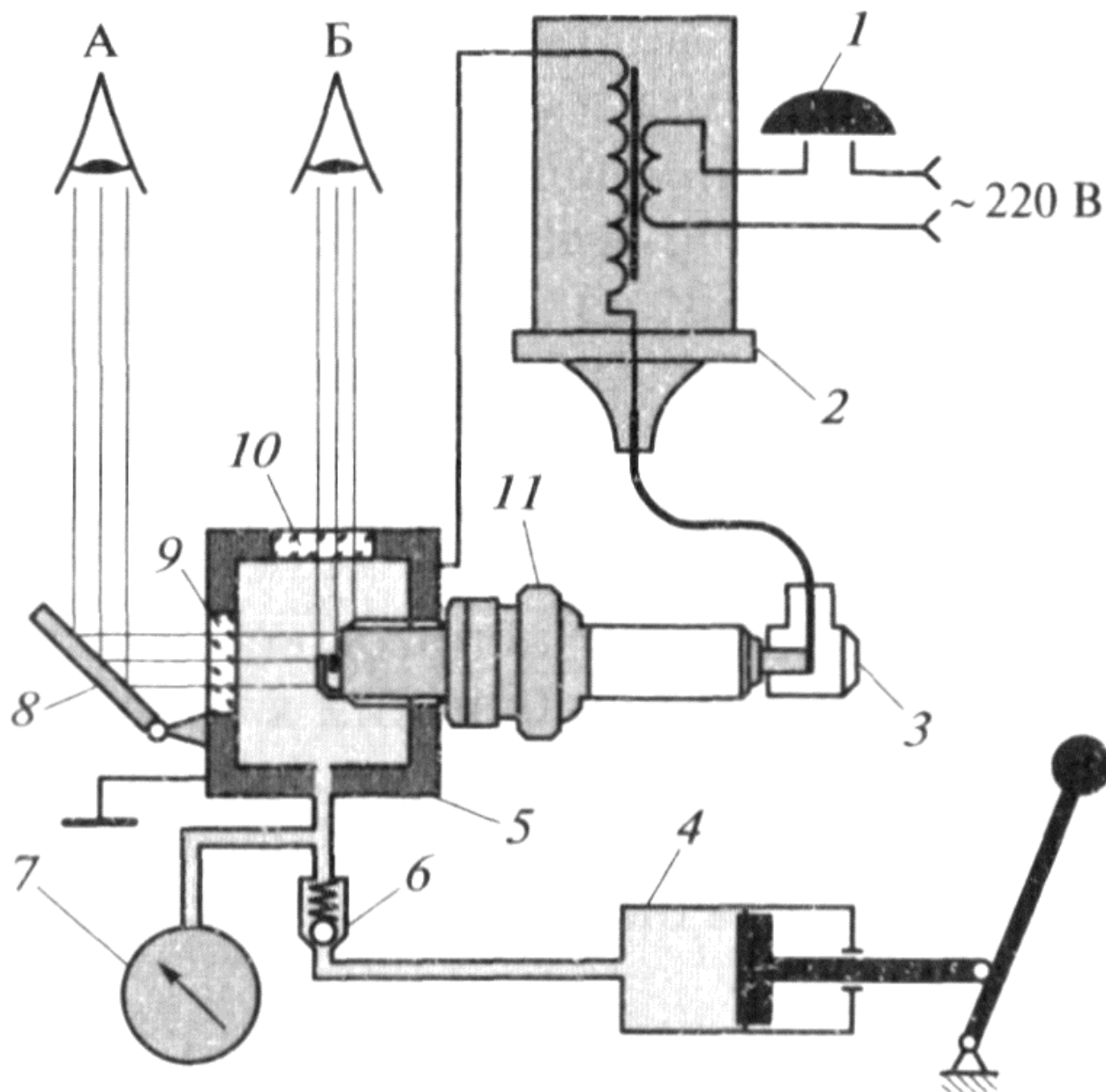
Для диагностирования свечи необходимо нажать кнопку 1. При этом на катушку 2 поступает напряжение 220 В, а от катушки на свечу 11 подается высокое напряжение. Между электродами свечи начинается непрерывное искрообразование.

Процесс искрообразования можно отслеживать через два стеклянных окна 9 и 10, вмонтированных в корпус барокамеры и зеркало 8. Наблюдая за процессом из точек А и Б (см. рисунок 5.3), анализируют качество искрообразования и оценивают техническое состояние свечи зажигания. Если посмотреть на свечу из точки А, то можно увидеть нижнюю ее часть. У работающей свечи снизу бывают видны искровые разряды от центрального электрода на корпус через керамический изолятор. Если разряды есть, то это однозначно свидетельствует о наличии трещин в изоляторе. Такая свеча выбраковывается как неисправная.

У работающей свечи сбоку, из точки Б, можно видеть искрообразование между электродами свечи. Осмотр позволяет анализировать цвет искры, а также бесперебойность искрообразования. Свеча считается работоспособной, если выполняются следующие условия:

- искрообразование происходит непрерывно и без перебоев;
- искра имеет ярко-голубой или близкий к белому цвет;

- нет разрядов от центрального электрода через керамику;
- нет разрядов от контакта 6 на корпус 4 свечи.



1 – кнопка для подачи напряжения на катушку; 2 – катушка зажигания; 3 – наконечник высоковольтного провода; 4 – ручной насос; 5 – барокамера; 6 – обратный клапан; 7 – манометр; 8 – зеркало; 9 и 10 – окна барокамеры; 11 – свеча зажигания.

Рисунок 5.3 – Функциональная схема прибора Э-203-П

Если не выполняется хотя бы одно из данных условий, свеча подлежит выбраковке.

В процессе диагностики свечей зажигания следует помнить, что нарушение вышеперечисленных условий снижает эффективность их работы и свечи зажигания могут работать, обеспечивая лишь 90, 70 или 25 % и менее своей эффективности. Это значительно снижает мощностные, топливно-экономические, экологические и пусковые характеристики двигателей, и особенно в холодное время года.

Результаты испытания свечей зажигания не герметичность заносят в таблицу по форме таблицы 5.3.

Таблица 5.3 – Результаты испытания свечей зажигания на бесперебойность искрообразования

Маркировка свечи зажигания	Искровой зазор, мм	Испытательное давление, МПа	Результаты испытания

6 Контрольные вопросы

1. Каковы тенденции развития конструкции свечей зажигания?
2. Какие материалы используются при производстве свечей зажигания?
3. Опишите устройство свечей зажигания.
4. Для чего изолятор свечи зажигания снабжают ребрами?

5. Каким образом герметизируются свечи зажигания?
6. Каково назначение помехоподавительного резистора свечей зажигания?
7. Для чего электроды свечей зажигания выполняют из благородных материалов?
8. Какую форму придают центральным электродам свечей зажигания?
9. Какую форму придают массовым электродам свечей зажигания?
10. Каковы преимущества многоэлектродных свечей зажигания?
11. К чему приводит отклонение величины искрового промежутка от установленного значения?
12. Какую форму может иметь искровой промежуток свечей зажигания?
13. Как оценивают тепловые свойства свечей зажигания?
14. Что называют калильным числом свечи зажигания?
15. Что называют калильным зажиганием?
16. Какие свечи зажигания называют горячими/холодными?
17. Какие факторы влияют на искрообразование в свече зажигания?
18. Назовите температурный диапазон оптимальной работы свечей зажигания.
19. Назовите температурный диапазон возникновения углеродистых загрязнений свечей зажигания.
20. Назовите температурный диапазон возникновения калильного зажигания свечей зажигания.
21. Перечислите методы улучшения тепловых характеристик свечей зажигания.
22. Для чего в двигателе могут устанавливаться две свечи зажигания на один цилиндр.
23. Какие параметры указывают в маркировке свечей зажигания?
24. Назовите основные неисправности свечи зажигания.

25. Какое заключение можно сделать по внешнему виду нагара свечи зажигания?

26. В каких случаях на изоляторе свечи зажигания появляется матовая черная копоть?

27. В каких случаях на изоляторе свечи зажигания появляется блестящий черный нагар?

28. В каких случаях на изоляторе свечи зажигания появляется толстый слой рыхлых отложений?

Список использованных источников

1. Набоких, В.А. Аппараты систем зажигания: справочник: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / В.А. Набоких. – М.: Издательский центр «Академия», 2009. – 320 с.
2. Ютт, В.Е. Аппараты систем управления зажиганием и впрыском топлива: учеб. пособие / В.Е. Ютт, В.В. Морозов, В.И. Чепланов. – М.: МАДИ, 2013. – 112 с.
3. Данов, Б.А. Системы управления зажиганием автомобильных двигателей / Б.А. Данов. – М.: Горячая линия - Телеком, 2003. – 184 с.
4. Волков, В.С. Электроника и электрооборудование транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования: учебник для студ. учреждений высш. проф. образования / В.С. Волков. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательский центр «Академия», 2013. – 384 с.
5. Набоких, В.А. Электрооборудование автомобилей и тракторов: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / В.А. Набоких. – 3-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2013. – 400 с.
6. Набоких, В.А. Диагностика электрооборудования автомобилей и тракторов: учебное пособие / В.А. Набоких – М.: ФОРУМ; НИЦ ИНФРА, 2013. – 288 с.
7. Автомобильный справочник / пер. с англ. ООО «СтарСПб» – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: ООО «Книжное издательство «За рулем», 2012. – 1280 с.
8. Соснин Д.А. Электрическое, электронное и автотронное оборудование легковых автомобилей: учебник для вузов / Д.А. Соснин. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2015. – 416 с.
9. Федотов А.И. Технология и организация диагностики при сервисном сопровождении: учебник для студ. учреждений высш. образования / А.И. Федотов. – М.: Издательский центр «Академия», 2015. – 352 с.

10. Пузаков, А.В. Цифровые системы зажигания: учебное пособие / А.В. Пузаков, А.М. Федотов. – Оренбург: Университет, 2015. – 118 с.
11. Пузаков, А.В. Оценка технического состояния приборов системы зажигания: методические указания / А.В. Пузаков, А.М. Федотов. – Оренбург: ОГУ. – 2016. – 80 с
12. Басс, Б.А. Свечи зажигания. Краткий справочник / Б.А. Басс – М.: ООО «Книжное издательство «За рулем», 2007. – 112 с.

Приложение А
(рекомендуемое)

Бланк лабораторной работы

Испытание автомобильных свечей зажигания

А.1 Цель работы: _____

А.2 Оценка технического состояния свечей зажигания

Таблица А.1

Объект исследования	1	2	3	4	5	6
Маркировка свечи зажигания						
Производитель						
Длина резьбы						
Диаметр резьбы						
Размер «под ключ»						
Калильное число						
Форма и число электродов						
Материал электродов						
Наличие резистора						
Выступление изолятора						
Особенности конструкции						
Искровой зазор:						
измеренный						
допустимый						
Состояние изолятора и электродов						
На каких автомобилях используется						

А.3 Испытание свечей зажигания на герметичность

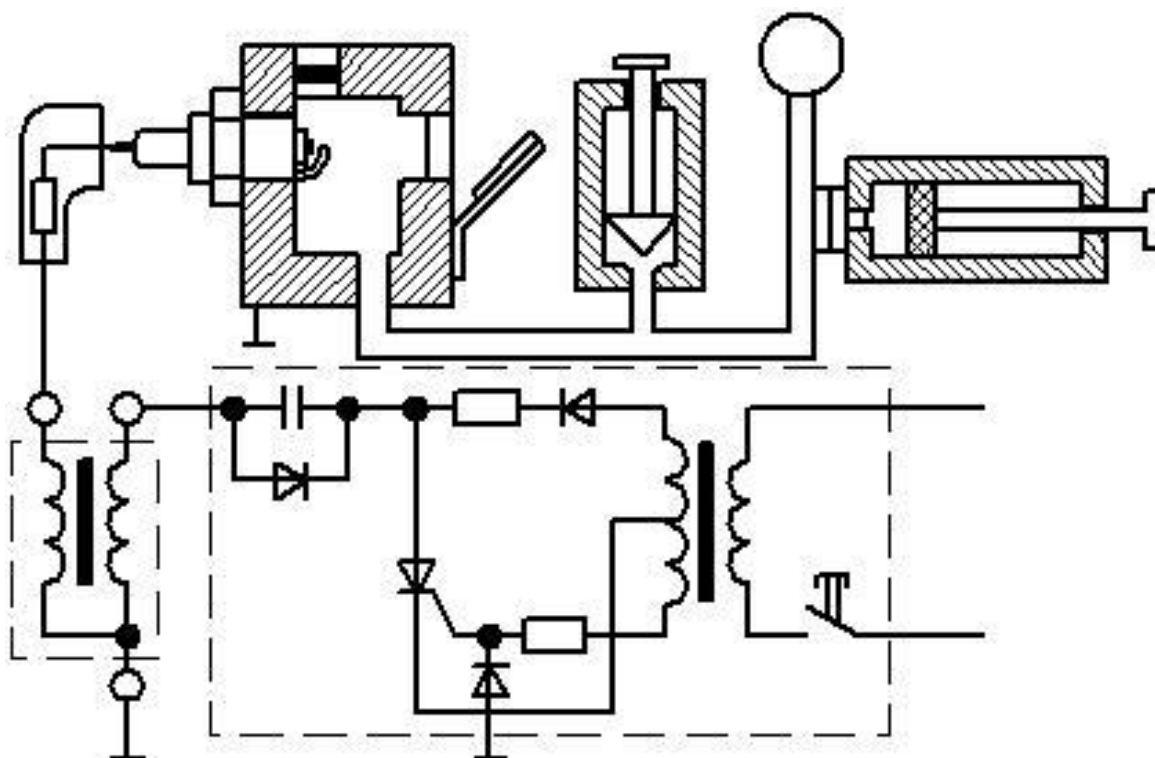


Рисунок А.1 – Схема испытания свечей зажигания

Таблица А.2

Маркировка свечи зажигания	Испытательное давление, МПа	Время испытания, мин	Падение давления, МПа	Результаты испытания

А.4 Испытание свечей зажигания на искрообразование

Таблица А.3

Маркировка свечи зажигания	Искровой зазор, мм	Испытательное давление, МПа	Результаты испытания

А.5 Выводы и анализ полученных результатов
